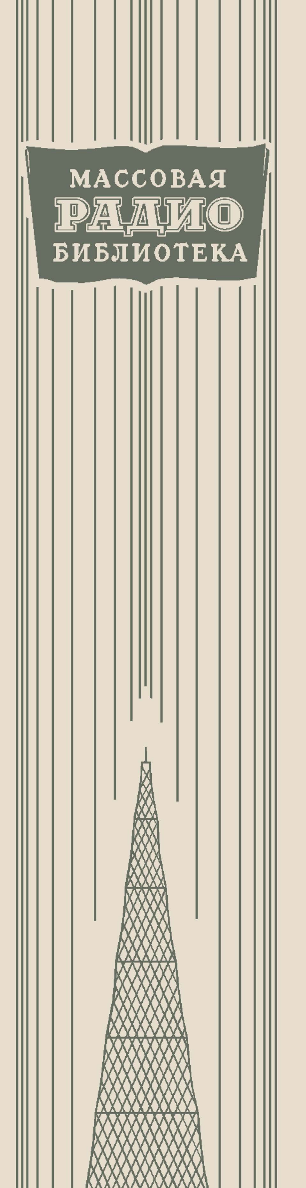
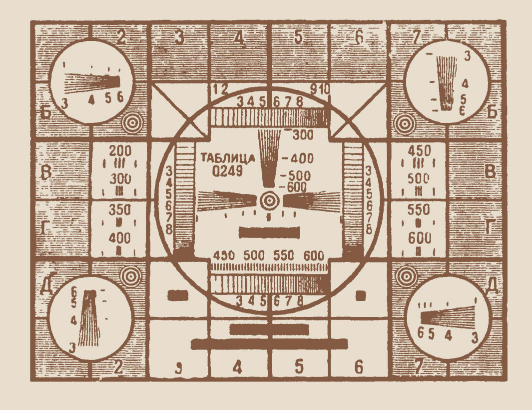


А. Я. КЛОПОВ

ТЕХНИКА ТЕЛЕВИДЕНИЯ





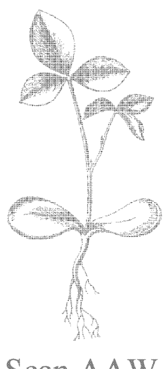
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
1956

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 247

А. Я. КЛОПОВ

ТЕХНИКА ТЕЛЕВИДЕНИЯ







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1956 ЛЕНИНГРАД

В книге рассказывается о физической основе и технике передачи и приема изображений по радио. Она рассчитана на радиолюбителей, знакомых с основными принципами радиотехники.

Автор *Клопов Александр Яковлевич* — „Техника телевидения“

* * *

Редактор *Пилтокон А. М.* Технич. редактор *И. М. Скворцов*

* * *

Сдано в набор 6/III 1956 г. Подписано к печати 31/V 1956 г.
Бумага 84×108[1]/[32] Объем 4,1 п. л. Уч.-изд. л. 4,7
Т-05730 Тираж 50 000 экз. Цена 1 р. 90 к. Заказ 1141

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Изображением той или иной сцены, передаваемой по телевидению, мы будем называть ее оптическую проекцию на какую-либо плоскость.

Рассмотрим какое-нибудь изображение, например, проекцию черно-белого кинокадра на белый экран.

Пока не включен проекционный аппарат, в темном помещении весь экран будет казаться одинаково темным. После включения аппарата на экране появится изображение. Что это значит?

Это значит, что теперь отдельные точки экрана имеют различные световые оттенки. Некоторые из них остались попрежнему темными: на них не падает световой поток от проекционного осветителя. Другие точки экрана светлые. Это те точки кинокадра, через которые световой поток от осветителя проходит почти без ослабления. Степень яркости свечения каждой точки экрана зависит от количества света, пропускаемого на нее проектируемым кинокадром.

Таким образом, световой оттенок любого места рассматриваемого изображения на данном экране будет определяться количеством падающего на него света или, как принято говорить, величиной светового потока. Следовательно, для передачи изображения по телевидению нужно обеспечить условия, при которых как можно более точно воспроизводилась бы степень различия световых оттенков на приемном экране телевизора в соответствии с их распределением в передаваемом изображении.

Телевидение — это техника радиопередачи и радиоприема изображений. Процесс телевизионной передачи изображения должен состоять из трех этапов:

первый этап — преобразование световых оттенков передаваемого изображения в соответствующий электрический сигнал;

второй этап — передача электрического сигнала от телевизионного передатчика к телевизионному приемнику;

третий этап — преобразование электрического сигнала, принятого телевизионным приемником, в изображение на его экране.

Рассмотрим каждый из этих этапов отдельно.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Задачей первого этапа телевизионной передачи является преобразование светового потока, падающего от той или иной части передаваемого изображения, в электрический сигнал соответствующей величины.

При преобразовании светового потока в электрический сигнал используется явление так называемого внешнего фотоэлектрического эффекта. Это явление состоит в том, что некоторые металлы, такие, как натрий, калий, цезий и др., обладают свойством испускать электроны при их освещении, причем число этих электронов пропорционально величине освещающего светового потока.

Механизм явления фотоэлектрического эффекта может быть представлен в следующем виде.

Любой поток света несет в себе определенный запас энергии. Эта энергия поступает к освещаемому предмету не непрерывно, а некоторыми определенными порциями или, как их называют, квантами.

Каждой цветовой составляющей видимого света, от красной до фиолетовой, соответствуют колебания со своей длиной волны, и количество световой энергии, заключенной в отдельном кванте, тем больше, чем короче длина волны этих колебаний. Наибольшее количество энергии содержится в кванте фиолетовой составляющей видимого света.

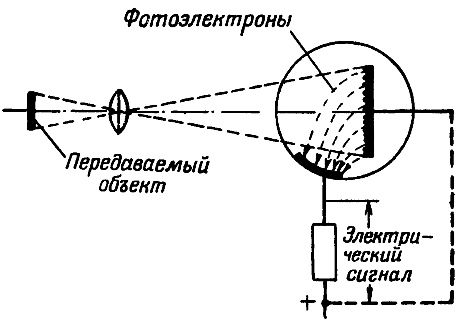
В любом металле имеются свободные электроны, находящиеся в непрерывном хаотическом движении. При освещении поверхности металла находящиеся вблизи этой поверхности свободные электроны поглощают падающие на них порции световой энергии, благодаря чему увеличивают скорость своего движения. При определенных условиях эта скорость может оказаться достаточной для того, чтобы электрон мог преодолеть силы притяжения, удерживающие его в металле, и, оторвавшись от его поверхности, вылететь наружу. Эти электроны и используются в телевизионной

технике для получения электрического сигнала изображения.

Для того, чтобы выйти из поверхности металла, электрон должен затратить определенное количество энергии. Работа, которую совершает при этом электрон, называется эффективной работой выхода электрона.

Для того, чтобы под действием полученной порции световой энергии электрон мог покинуть поверхность металла, эта порция энергии должна быть достаточна для совершения работы выхода электрона.

Величина работы выхода электрона для разных металлов различна, и поэтому энергия видимого света способна вызвать вырывание электронов не у всех металлов. У большинства металлов работа выхода электрона больше порции энергии самой коротковолновой составляющей видимого света (фиолетовой) и явление фотоэлектрического эффекта у этих металлов не имеет места. Этим же объясняется и неодинаковая чувствительность фотоэлектрических металлов (натрий, калий, цезий и др.) к облучению различными спектральными составляющими видимого света.



Фиг. 1. Схема работы фотоэлемента.

Таким образом, явление внешнего фотоэлектрического эффекта позволяет преобразовать энергию светового потока в поток свободных электронов, который затем можно использовать для получения электрического сигнала изображения.

Однако простое преобразование всего светового потока, исходящего от передаваемого изображения, в электрический сигнал еще не может решить вопроса о передаче этого изображения при помощи такого сигнала. В самом деле, предположим, что такая операция производится, например, при помощи устройства, показанного на фиг. 1. В этом устройстве предмет, изображение которого должно быть передано по телевизионному тракту, освещается каким-то источником света, и отражающийся от этого предмета световой поток

поступает на специальный прибор, который при помощи фотоэлектрического эффекта преобразует этот световой поток в соответствующий электрический сигнал. Очевидно, что полученный электрический сигнал окажется пропорциональным сумме всех световых потоков, исходящих от различных по оттенкам мест передаваемого изображения и разделить их в дальнейшем не представится возможным.

Чтобы обеспечить раздельное преобразование световых потоков, созданных различными по своим оттенкам участками передаваемого изображения, в телевизионной технике используется так называемый способ поэлементного преобразования. При этом способе все передаваемое изображение разделяется на большое число отдельных участков — элементов и преобразование световых потоков, создаваемых каждым таким элементарным участком, производится отдельно. Число элементов, на которые разбивается передаваемое изображение, должно быть достаточно большим, так как иначе нельзя будет передать мелкие детали передаваемого изображения и изображение на экране телевизионного приемника окажется нечетким.

Чем на большее число элементов разбивается передаваемое по телевидению изображение, тем выше его качество на экране телевизора. В Советском Союзе передаваемое по телевидению изображение разбивается, например, приблизительно на 500 000, в США — на 370 000, в Англии — на 270 000 элементов, во Франции — на 900 000 отдельных элементов.

При поэлементном преобразовании отдельных световых потоков в электрические сигналы появляется столько отдельных элементарных сигналов, на сколько элементов разбивается передаваемое изображение.

Для того чтобы эти сигналы не смогли при передаче их к приемному устройству перемешаться между собой, в телевизионной технике применяется способ так называемой п о о ч е р е д н о й передачи, при котором отдельные элементарные электрические сигналы передаются не одновременно, а поочередно один за другим с вполне определенной скоростью и в строго определенной последовательности.

Возможность использования поочередной передачи отдельных элементарных электрических сигналов со стороны передающей телевизионной станции и такое же последовательное преобразование этих сигналов в последовательное свечение отдельных точек приемного экрана основана на

свойстве человеческого глаза, называемом *инерцией зрительного восприятия*. Это свойство человеческого зрения заключается в том, что глаз продолжает сохранять ощущение видения рассматриваемого предмета еще некоторое время после того, как перестал его в действительности видеть.

При поочередной передаче элементарных сигналов на приемном экране в каждый данный момент будет светиться только одна точка. Эта точка быстро перемещается по экрану, то вспыхивая, то погасая, в зависимости от величины принимаемого в данный момент электрического сигнала. Если светящаяся точка обегает весь экран достаточно быстро, то инерция зрительного ощущения позволит глазу воспринять свечение всего экрана как одновременное и увидеть на нем как бы целиком все передаваемое изображение.

Величина инерции зрительного восприятия глаза, т. е. время, в течение которого глаз еще достаточно ясно сохраняет увиденное изображение, у разных людей различна и может колебаться примерно от 0,1 до 0,04 сек. Следовательно, если все элементарные сигналы, полученные от данного изображения за один его просмотр, будут переданы за время, не большее, чем 0,04 сек., то глаз увидит слитное изображение.

Передача всех элементарных сигналов, полученных от всего передаваемого изображения за один его просмотр от первого элементарного сигнала до последнего, составляет *телевизионный кадр*. По окончании передачи одного кадра сразу же начинается передача другого кадра, т. е. повторение передачи элементарных сигналов от первого элемента до последнего. Число кадров, передаваемых за 1 сек., называется *частотой кадров*.

Преобразование световых потоков от отдельных элементов передаваемого изображения в соответствующие электрические сигналы и передача этих сигналов начинается с левого верхнего элемента и продолжается по верхнему горизонтальному ряду до его конца. После этого в таком же порядке, т. е. начиная с первого левого элемента, начинается преобразование в соответствующие электрические сигналы световых потоков от элементов изображения следующего, второго горизонтального ряда, затем, в том же порядке, от третьего ряда и т. д., до тех пор, пока не будет пройден последний горизонтальный ряд. Этим заканчивается первый телевизионный кадр, после чего процесс преоб-

разования элементарных световых потоков в электрические сигналы и передача этих сигналов полностью повторяются.

Горизонтальный ряд элементов изображения в телевизионной технике называют строкой развертки изображения, а совокупность всех строк развертки, покрывающих передаваемое изображение за один полный кадр,— телевизионным растром.

В Советском Союзе все передаваемое изображение разбивается на 625 строк. Что же касается числа кадров, передаваемых за 1 сек., то для получения впечатления одновременности свечения всего приемного экрана это число достаточно взять равным 25. Однако опыт показывает, что при 25 кадрах в секунду изображение на экране телевизионного приемника получается мелькающим, так как к моменту засветки нижних строк растра впечатление свечения верхних строк растра заметно ослабевает. Для устранения мелькания число кадров, т. е. число полных засветок экрана, должно быть не менее чем 50.

Разложение передаваемого изображения на элементарные участки и преобразование отдельных элементарных световых потоков от этих участков в соответствующие электрические сигналы производятся при помощи специальной передающей телевизионной трубки.

Первой такой передающей трубкой, позволившей производить разложение на большое число элементов и практически обеспечить возможность получения высококачественных телевизионных изображений, был так называемый иконоскоп.

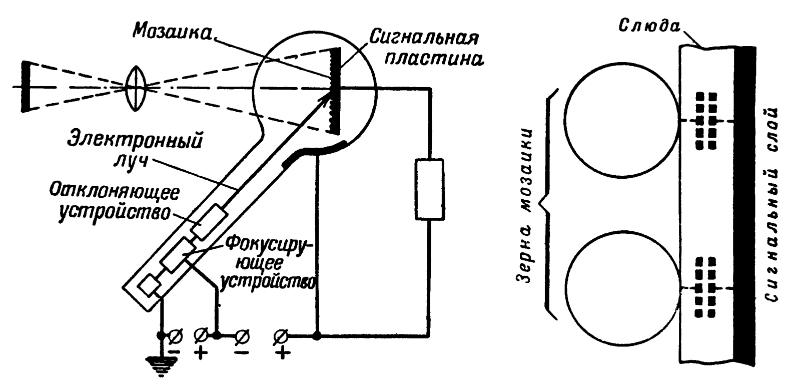
Схематическое изображение передающей телевизионной трубки типа иконоскоп приведено на фиг. 2.

Одной из основных частей иконоскопа является светочувствительная пластина, называемая мозаикой, на которую проектируется передаваемое изображение. Мозаика представляет собой тонкую слюдяную пластинку, на одной стороне которой нанесено несколько миллионов изолированных друг от друга мелких зерен чистого серебра. Каждое такое зерно покрывается окисью металла цезия, благодаря чему становится чувствительным к действию света.

На внутреннюю поверхность колбы нанесен проводящий слой, на который подается положительное напряжение. Этот проводящий слой называется анодом трубки. Противоположная сторона слюдяной пластины покрывается

сплошным проводящим составом, образующим так называемый сигнальный слой.

При освещении мишени световым потоком от оптического изображения передаваемой сцены на каждое зерно мозаики падает световой поток, величина которого пропорциональна оттенку данного места изображения. Под действием этого потока из каждого элементарного зерна мозаики начинают вылетать электроны, которые собираются положительно заряженным анодом и создают на внешнем



Фиг. 2. Принцип работы иконоскопа.

Фиг. 3. Элемент мозаики иконоскопа в увеличенном виде.

сопротивлении падение напряжения. Величина этого напряжения пропорциональна средней освещенности передаваемой сцены. Однако в иконоскопе это напряжение не используется и при рассмотрении принципа работы иконоскопа не представляет интереса.

Можно заметить, что каждое зерно мозаики образует с сигнальным слоем элементарный конденсатор (фиг. 3). По мере того, как из зерна вылетают электроны, это зерно приобретает по отношению к сигнальному слою все более и более положительный потенциал. Чем больше электронов потеряло данное зерно, тем больше накопленный на нем положительный потенциал. Так как число вылетевших из зерна электронов пропорционально величине падающего на это зерно светового потока от оптического изображения передаваемой сцены, то распределение положительных электрических зарядов на поверхности мозаики будет точно воспроизводить распределение светотеней в этом изобра-

жении и на мозаике образуется как бы «электрическое изображение» передаваемого предмета.

Так при помощи иконоскопа решается задача разложения передаваемого изображения на большое число отдельных элементов и преобразование освещенностей этих элементов в соответствующий электрический потенциал.

Следующей задачей является последовательное преобразование элементов электрического изображения в элементарные электрические сигналы — в электрический ток или электрическое напряжение. Для этой цели из узкой горловины трубки на мозаику направляется поток свободных электронов. На поверхности мозаики этот поток при помощи специального фокусирующего устройства собирается в тонкий луч, сечение которого в точке встречи его с мозаикой равно размеру одного элемента изображения.

Электронный луч при помощи специальных отклоняющих устройств перемещается по поверхности мозаики в том порядке, в каком должно быть произведено преобразование передаваемого изображения в электрические сигналы. Попадая на зерна мозаики, потерявшие до этого электроны, электронный луч восполняет эту потерю, в результате чего происходит разряд элементарных конденсаторов. Ток разряда этих конденсаторов протекает по внешнему сопротивлению нагрузки и создает на нем электрическое напряжение, величина которого изменяется в точном соответствии с изменением световых потоков, падающих на проходимые электронным лучом зерна мозаики.

Таким способом решается в иконоскопе и вторая задача — преобразование полученного электрического изображения передаваемой сцены в последовательные изменения электрического напряжения.

Рассматривая механизм работы иконоскопа, следует обратить внимание на одну, весьма существенную для него особенность, выгодно отличающую иконоскоп от всех предшествующих ему передающих устройств; процесс образования на его мозаике электрического изображения происходит в течение всего кадра развертки, тогда как преобразование каждого данного элемента «электрического изображения» в электрический сигнал занимает лишь время, требующееся для развертки только данного элемента. Это значит, что накопление электрического потенциала на каждом данном зерне происходит сравнительно длительное время, тогда как преобразование его в напряжение электри-

ческого сигнала изображения совершается быстро, что позволяет в значительной степени увеличить чувствительность передающей трубки.

Приведенное выше описание механизма работы иконоскопа является в сильной степени упрощенным. В действительности механизм преобразования передаваемого изображения в электрический сигнал более сложен и в общих чертах может быть представлен в следующем виде.

Основную роль в создании электрического сигнала изображения в иконоскопе играет явление так называемой в т о р и ч н о э л е к т р о н н о й э м и с с и и. Это явление заключается в том, что под действием ударов электронов электронного луча, подходящих к поверхности мозаики с большой скоростью и поэтому обладающих большим запасом энергии, из поверхности зерен мозаики выбиваются имеющиеся в них свободные электроны. Эти электроны называются в т о р и ч н ы м и электронами в отличие от первичных электронов, падающих на поверхность зерен.

Чем больше положительный потенциал данного зерна, т. е. чем больше электронов потеряло это зерно под действием падающего на него светового потока, тем меньше может быть выбито из него вторичных электронов. Таким образом, число вторичных электронов, выбиваемых из зерен мозаики электронным лучом, будет также пропорционально освещенности данного места мозаики.

Значительная часть выбитых вторичных электронов не обладает достаточным запасом энергии, чтобы попасть на собирающий электрод, и поэтому возвращается обратно на мозаику, падая на нее своеобразным электронным дождем. Этот электронный дождь приводит к возникновению так называемого эффекта «черного пятна», являющегося крупным недостатком иконоскопа[1]. Остальная часть выбитых вторичных электронов, составляющая 5—10% от общего их числа, собирается анодом и служит источником сигнала изображения.

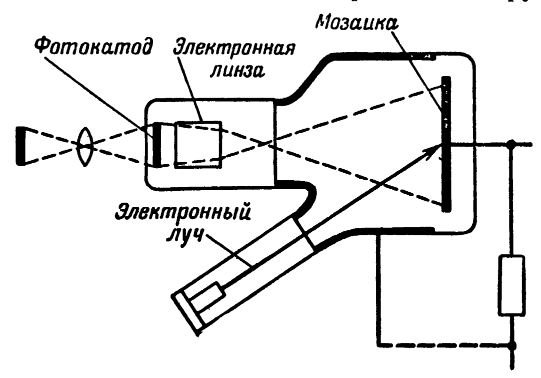
Эффект черного пятна сильно снижает возможную чувствительность иконоскопа, требует повышенного освещения передаваемых сцен и приводит к значительному усложне-

---

[1] Эффект черного пятна проявляется в том, что на принимаемом изображении появляется черное пятно, перемещающееся по поверхности экрана. Для устранения этого явления в телевизионном передатчике применяется сложная аппаратура, создающая специальные сигналы, компенсирующие действие черного пятна.

нию передающей аппаратуры. Дальнейшие разработки передающих телевизионных трубок, направленные на устранение указанных выше недостатков иконоскопа и на расширение возможностей его применения, проводились как по линии более полного использования явления вторичноэлектронной эмиссии, так и в направлении устранения ее влияния и возможно более полного приближения к идее, заложенной в разработку иконоскопа.

Примером более полного использования явления вторичноэлектронной эмиссии является передающая трубка, пред-



Фиг. 4. Схематическое изображение иконоскопа с переносом изображения.

ложенная П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым, названная ими по принципу своего действия иконоскопом с переносом изображения.

Схематическое изображение иконоскопа с переносом изображения показано на фиг. 4. Оптическое изображение передаваемой сцены проектируется здесь на так называемый фотокатод, представляющий собой стеклянную пластинку, у которой сторона, противоположная объективу, покрыта тонким серебряноцезиевым слоем. Под действием светового потока от передаваемого изображения из каждого участка этого слоя начинают вылетать свободные электроны, точно так же, как это имеет место при освещении мозаики иконоскопа. Так как число электронов, вылетевших из каждой точки фотокатода, пропорционально освещенности этой точки передаваемым изображением, то вырванные светом электроны образуют у поверхности фотокатода как бы электронное изображение передаваемой сцены.

На противоположной стороне колбы трубки помещается такая же мозаика, как и в иконоскопе, но с более повышенной способностью к вторичноэлектронной эмиссии. На мозаику подается положительный по отношению к фотокатоду потенциал, под действием которого электронное изображение с большой скоростью направляется к мозаике. Взаимное отталкивание электронов, составляющих электронное изображение, компенсируется при помощи специального фокусирующего устройства, благодаря которому электронное изображение достигает мозаики в том же виде, в каком оно образовалось у поверхности фотокатода.

При ударе электронного изображения о поверхность мозаики происходит такое же явление, как и при ударе электронного луча о поверхность мозаики в иконоскопе, т. е. выбивание из зерен мозаики вторичных электронов. Различие в происходящих процессах заключается лишь в том, что число выбитых электронов в иконоскопе зависит от количества электронов, потерянных зернами мозаики под действием световых потоков, тогда как в иконоскопе с переносом изображения количество вторичных электронов определяется числом электронов, падающих от электронного изображения на даннное место мозаики. В том и другом случае число выбиваемых вторичных электронов пропорционально распределению световых оттенков в передаваемом изображении.

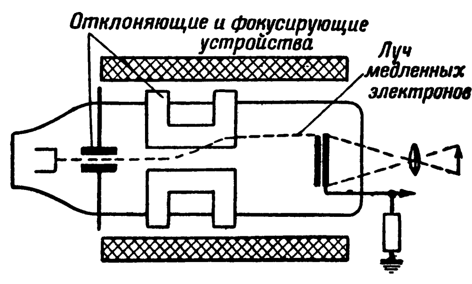
Преобразование получающегося на поверхности мозаики электрического изображения в соответствующие электрические сигналы производится также при помощи электронного луча, и весь остальной процесс в дальнейшем происходит точно так же, как и в обычном иконоскопе.

Иконоскоп с переносом изображения имеет более высокую чувствительность, во-первых, благодаря тому, что фотокатод более чувствителен к действию света, чем мозаика иконоскопа, и, во-вторых, мозаика иконоскопа с переносом изображения обладает более высокой способностью к вторичноэлектронной эмиссии.

Примером повышения чувствительности передающей телевизионной трубки путем устранения явления вторичноэлектронной эмиссии является так называемый ортикон. В этой передающей телевизионной трубке приняты все меры к устранению возможности излучения вторичных электронов, что достигается путем сильного уменьшения скоро-

сти движения электронов в развертывающем луче при подходе их к поверхности мозаики.

Схематическое изображение передающей трубки типа ортикон показано на фиг. 5. Оптическое изображение передаваемой сцены проектируется фотообъективом на мозаичную поверхность, на которой под действием падающего на нее светового потока образуется электрическое изображение, представляющее собой распределение положительных зарядов, величины которых пропорциональны освещенности каждого данного места мозаики.



Фиг. 5. Схематическое изображение ортикона.

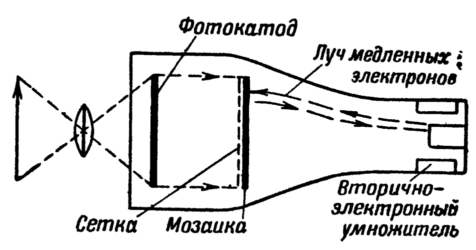
Поверхность мозаики развертывается в установленном порядке электронным лучом. Так как скорость движения электронов при подходе к поверхности мозаики очень мала, то явление вторичноэлектронной эмиссии полностью отсутствует и источником полезного сигнала являются электроны развертывающего электронного луча, отражаемые от поверхности мозаики и собираемые положительно заряженным электродом. Если развертываемая в данный момент точка мозаики освещена сильно и в результате этого потеряла много электронов, то соответственно такое же количество электронов потребуется и от электронного луча для компенсации накопленного этой точкой положительного потенциала и поэтому число отраженных электронов, а следовательно, и созданный ими полезный сигнал будут небольшими. Если же данная точка освещена слабо, то от поверхности мозаики отразится много электронов и создаваемый ими полезный сигнал будет иметь соответственно большую величину. Таким образом, каждая точка мозаики восстанавливает в необходимых ей размерах равновесие зарядов, потерянное ею под действием передаваемого оптического изображения, и поэтому сигнал, создаваемый остающимися электронами развертывающего луча, всегда будет пропорционален освещенности развертываемой в данный момент точки мозаики.

Современный ортикон имеет относительно небольшие

размеры и позволяет получать достаточно большой сигнал изображения при значительно меньших освещенностях передаваемых сцен, чем это требуется для обычного иконоскопа.

Основным недостатком ортикона, ограничивающим его применение, является то, что он не может работать при больших освещенностях, так как в этом случае начинает появляться вторичноэлектронная эмиссия, приводящая в данном случае к появлению белого пятна, постепенно распространяющегося на всю поверхность изображения.

Наиболее совершенным типом современной передающей телевизионной трубки является так называемый ортикон с переносом изображения или суперортикон, в котором очень удачно сочетаются перенос электронного изображения с разверткой электрического изображения лучом медленных электронов, т. е. используются одновременно преимущества иконоскопа с переносом изображения и ортикона. Идея создания и способ практического осуществления такой трубки была впервые предложена Г. В. Брауде. Эта трубка имеет бо́льшую чувствительность, чем все остальные рассмотренные выше типы передающих трубок, и в значительной степени свободна от главных их недостатков, так как может работать при больших пределах изменения освещенности передаваемой сцены без появления белого пятна, как это имеет место в обычном ортиконе, и полностью свободна от эффекта черного пятна, присущего иконоскопу.



Фиг. 6. Схематическое изображение ортикона с переносом изображения.

Схематическое изображение ортикона с переносом изображения показано на фиг. 6.

Главная часть ортикона с переносом изображения — двусторонняя мозаика — состоит из тонкой полупроводящей пластины и очень тонкой сетки, расположенной на чрезвычайно малом расстоянии от этой пластины. Перед пластиной со стороны сетки помещается такой же фотокатод, как и в иконоскопе с переносом изображения.

При проектировании на фотокатод оптического изобра-

жения передаваемой сцены из поверхности фотокатода под действием падающего на него света начинают вылетать электроны, в результате чего около поверхности фотокатода со стороны сетки создается электронное изображение подобно тому, как это имеет место в иконоскопе с переносом изображения.

Под действием положительного по отношению к фотокатоду потенциала, приложенного к сетке, электронное изображение перемещается к полупроводящей пластине и фокусируется на ее поверхности при помощи специального фокусирующего устройства, расположенного с наружной стороны баллона трубки.

Пройдя через сетку, электронное изображение «ударяется» о поверхность полупроводящей пластины и выбивает из нее вторичные электроны, число которых в несколько раз больше числа падающих на пластину электронов из электронного изображения. Выбитые вторичные электроны улавливаются сеткой и отводятся во внешнюю цепь.

В результате выбивания вторичных электронов на поверхности полупроводящей пластины появляется распределение положительных потенциалов, воспроизводящее распределение светотеней в оптическом изображении передаваемой сцены, иными словами ее электрическое изображение, причем «контрастность» этого изображения, т. е. глубина изменения потенциала на поверхности пластины, получается во столько раз большей, чем на мозаике иконоскопа, во сколько раз число выбитых электронов превышает число первичных электронов электронного изображения.

Распределение потенциалов со стороны полупроводящей пластины, обращенной к сетке, передается на другую ее сторону через емкость, образованную обеими ее сторонами. Эта сторона пластины обегается электронным лучом, электроны которого при подходе к пластине замедляются почти до нулевой скорости и весь дальнейший процесс образования электрического сигнала изображения происходит точно так же, как и в обычном ортиконе. Различие между ортиконом с переносом изображения и обычным ортиконом заключается лишь в том, что до выхода во внешнюю цепь полученный сигнал изображения предварительно усиливается во вторичноэлектронном умножителе, помещающемся внутри баллона трубки.

Ортикон с переносом изображения является наиболее

чувствительным из всех современных передающих трубок и может работать при освещенности всего лишь в несколько люкс, тогда как для обычного иконоскопа необходимая освещенность должна быть порядка сотен люкс. Небольшие габаритные размеры ортикона с переносом изображения делают его в настоящее время незаменимым прибором в переносной телевизионной аппаратуре, где он и получил преимущественное распространение. При передаче из специально оборудованных студий, и особенно при передаче кинофильмов, не потерял еще своего значения и обычный иконоскоп.

Таким образом, передающая телевизионная трубка полностью решает как задачу разложения передаваемого изображения на большое число отдельных элементов, так и задачу последовательного преобразования освещенностей этих элементов в соответствующие электрические сигналы. Последняя операция, как уже неоднократно упоминалось, в телевизионной технике носит название развертки передаваемого изображения.

Перейдем теперь к рассмотрению второго этапа телевизионной передачи.

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Следующим этапом телевизионной передачи является перенос электрического сигнала изображения от передающей трубки телевизионной станции к телевизионному приемнику для обратного преобразования этого сигнала в изображение на приемном экране.

Электрический сигнал изображения, получаемый на выходе передающей трубки, очень слаб и обычно не превышает десятой доли милливольта. Поэтому раньше, чем подать этот сигнал к передатчику, он подвергается значительному предварительному усилению. После этого в сигнал изображения замешивается ряд специальных вспомогательных импульсных сигналов, о назначении которых будет сказано позднее, и весь этот сложный комплекс сигналов поступает в телевизионный передатчик.

Передача сигналов изображения производится при помощи электромагнитных колебаний высокой, так называемой несущей, частоты, точно так же, как это делается в технике звукового радиовещания. Сигналы изображения

накладываются на несущие высокочастотные колебания, и энергия этих колебаний, распространяясь в пространстве, переносит полный электрический сигнал изображения к антенне телевизора.

Для того чтобы можно было обоснованно ответить на вопрос, на каких волнах можно производить телевизионные передачи, определим полосу частот, занимаемую электрическим сигналом изображения.

Самая низкая частота электрического сигнала изображения будет равна частоте смены кадров и, следовательно, будет составлять 50 *гц*. Однако в телевизионном сигнале могут происходить и более медленные изменения, если рассматривать процесс изменения сигнала не за время одного кадра, а за более продолжительный промежуток времени.

Предположим, что проводится передача сцены, происходящей ранним утром. В начале передаваемой сцены окружающие предметы слабо освещены неровным утренним светом. Общий фон сцены — темный. По мере того как над горизонтом начинают пробиваться первые солнечные лучи, фон сцены постепенно светлеет и становится совсем светлым, когда сцена озаряется ярким солнечным светом. Весь этот переход занял большое число кадров, и соответствующее изменение электрического сигнала, определяемое общим фоном изображения, происходило очень медленно. Эту часть общего сигнала изображения называют его постоянной составляющей; частота изменения постоянной составляющей телевизионного сигнала не превышает в общем случае 2—3 *гц*.

Перейдем к определению верхней границы частоты сигнала изображения.

Наименьшая деталь в передаваемом изображении, какая только может быть преобразована в самостоятельный электрический сигнал, не может быть по размерам меньше, чем ширина одной строки развертки, так как всякое различие оттенков части передаваемого изображения внутри строки развертки неизбежно усредняется. Следовательно, самое быстрое изменение электрического сигнала изображения будет происходить в том случае, когда передаются две расположенные рядом наименьшие детали, имеющие различные оттенки (фиг. 7). Ширина каждой из этих деталей равна ширине строки.

Если высота изображения равна h [*см*] (фиг. 8) и полное

число строк в телевизионном растре составляет z, то ширина строки

$$h_1 = \frac{h}{z} \ [см].$$

За 1 сек. передается N полных кадров и в каждом кадре содержится z строк. Это значит, что за каждую секунду электронный луч пробегает

$$Z = zN \text{ строк},$$

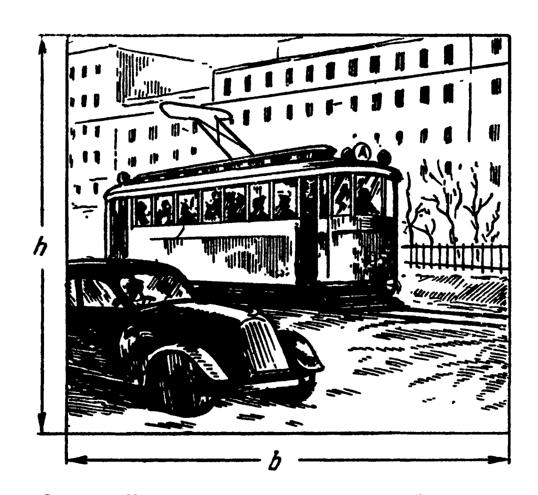
а так как длина каждой строки равна $в$ [$см$], то путь, проходимый электронным лучом за 1 сек., будет составлять:

$$h = bzN \ [см].$$

Строка развертки

Фиг. 7. К определению наивысшей частоты сигнала изображения.

Это будет не что иное, как скорость движения электронного луча по поверхности изображения.



Фиг 8. К определению наивысшей частоты сигнала изображения.

Для того чтобы определить верхнюю частоту сигнала изображения, найдем, какое время потребуется для развертки двух его элементов, т. е. определим период изменения самой высшей частоты; обратная ему величина даст значение для самой высшей частоты.

Путь, который должен пройти электронный луч при развертке двух элементов изображения, будет равен:

$$s = 2h_1 = 2\frac{h}{z} \ [см]$$

и время, которое потребуется при этом, будет равно этому пути, деленному на скорость движения электронного луча:

$$T = \frac{s}{h} = \frac{2\frac{h}{z}}{bzN} = \frac{h}{b} \cdot \frac{2}{Nz^2} \text{ сек.}$$

Отсюда верхняя частота сигнала изображения

$$F_{макс} = \frac{b}{h} \cdot \frac{Nz^2}{2} \ [гц].$$

Это выражение показывает, что наивысшая частота сигнала изображения пропорциональна частоте смены кадров и увеличивается пропорционально квадрату числа строк.

Подставим в полученную формулу значения входящих в нее величин в соответствии с нашим стандартом телевизионного вещания:

$$\frac{b}{h} = \frac{4}{3}; \quad N = 50 \ гц; \quad z = 625.$$

После перемножения получим, что наивысшая частота сигнала изображения

$$F_{макс} = 13\,020\,833 \ гц,$$

или примерно 13 *мггц*.

Это достаточно высокая частота и построение телевизионной аппаратуры, особенно приемной ее части, работающей на такой частоте, связано с целым рядом серьезных технических затруднений.

Из приведеной выше формулы для наивысшей частоты сигнала изображения видно, что эту частоту можно понизить либо путем уменьшения числа строк, на которое разбивается передаваемое изображение, либо путем соответствующего уменьшения числа кадров, передаваемых за 1 сек. Однако уменьшение числа строк развертки сильно сказывается на четкости телевизионного изображения, а уменьшение частоты повторения кадров может вызвать явление мелькания.

Чтобы сохранить качество изображения и в то же время радикально уменьшить верхнюю частоту сигнала изо-

бражения, современная телевизионная техника применяет способ так называемой черессточной развертки.

Этот способ состоит в том, что преобразование изображения производится не последовательно строка за строкой, а через одну строку: сначала передаются все нечетные и затем все четные строки. Таким образом, получается, что за время передачи каждого полного кадра поверхность экрана засвечивается 2 раза и поэтому можно ограничиться передачей только 25 кадров в секунду. При такой чересстрочной передаче самая высокая частота сигнала изображения будет в 2 раза меньше, чем при последовательной передаче одной строки за другой, и будет составлять:

$$F_{макс} = 6{,}5\ мггц.$$

Чересстрочный способ развертки передаваемого изображения принят в настоящее время во всех телевизионных системах.

Следует отметить, что обычно такая высокая частота имеется в сигнале изображения очень редко и на практике весь приемный тракт, как правило, рассчитывается на пропускание частоты сигнала изображения не выше чем 5—5,5 *мггц*.

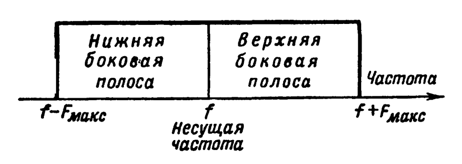
Таким образом, в общем случае полная полоса частот, занимаемая сигналом изображения, лежит в интервале от 0 до 6,5 *мггц*. Эти частоты модулируют колебания высокой несущей частоты, и энергия этих колебаний излучается антенной телевизионного передатчика. Предположим, что частота несущих высокочастотных колебаний равна f_0 [*мггц*]. Из теории передающих устройств известно, что если на высокочастотные колебания частоты f_0 накладываются более низкочастотные колебания частоты $F_{макс}$, то в результате получаются три колебания, одно из которых имеет частоту несущих колебаний, а два остальных отличаются по частоте от несущих колебаний на модулирующую частоту в ту или другую сторону. Допустим, что несущая частота равна 50 *мггц* и что наивысшая частота модулирующего сигнала составляет, как в нашем случае, 6,5 *мггц*. Тогда в результате наложения одного сигнала на другой появятся три разночастотных сигнала: $f = f_0 = 50$ *мггц*; $f_н = f_0 + F_{макс} = 56{,}6$ *мггц*; $f_B = f_0 \cdot f_{макс} = 43{,}5$ *мггц*.

Этот результат показывает, что если электрический сигнал изображения имеет полосу частот, равную 6,5 *мггц*, то

для его передачи при помощи высокочастотных несущих колебаний нужно обеспечить пропускание по всему высокочастотному участку телевизионного тракта полосы частот, равной $f_1 - f_2 = 13$ *мггц*.

Попутно напомним, что если бы применялась последовательная, а не чересстрочная развертка передаваемого изображения, то полоса частот, занимаемая телевизионным сигналом, была бы в 2 раза шире и составляла бы 26 *мггц*.

Передача и прием такого широкополосного высокочастотного сигнала вполне возможны, но сложность передающей и, что особенно важно, приемной аппаратуры с расширением полосы сигнала сильно возрастает. Поэтому вполне естественным является желание сузить эту полосу, конечно, без заметного влияния на качество воспроизводимого на экране телевизора принимаемого изображения.



Фиг. 9. Полоса частот телевизионного сигнала в идеализированном виде.

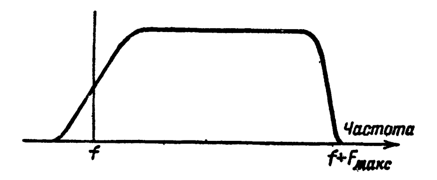
Новые составляющие высокочастотного несущего сигнала, возникающие при наложении на него передаваемого сигнала с более низкой частотой (в данном случае сигнала изображения), называются б о к о в ы м и ч а с т о т а м и модулированного сигнала. Поскольку передается сигнал не одной какой-либо частоты, а целая полоса частот, то соответственно появляются и целые боковые полосы сигналов; общий телевизионный сигнал может быть в этом случае представлен в идеализированном виде так, как показано на фиг. 9. Полоса частот, располагающаяся ниже несущей частоты, называется нижней боковой полосой, а полоса частот, располагающаяся выше несущей частоты, составляет верхнюю боковую полосу модулированного высокочастотного сигнала.

Практически при соблюдении определенных условий обе боковые полосы частот телевизионного сигнала по своему содержанию могут быть сделаны полностью одинаковыми и будут при этих условиях являться зеркальным отображением одна другой. Основываясь на этом, телевизионные передачи ведут только на одной боковой полосе, что в 2 раза

сокращает общую полосу частот высокочастотного телевизионного сигнала и позволяет благодаря этому значительно упростить телевизионную аппаратуру. Передача телевизионного сигнала может с одинаковым успехом производиться как на нижней, так и на верхней боковой полосе; в Советском Союзе передается верхняя боковая полоса частот.

Так как полностью исключить вторую боковую полосу практически невозможно, то часть ее попадает в антенну телевизионного передатчика, и поэтому общий вид высокочастотного телевизионного сигнала получается таким, как показано на фиг. 10.

Для того чтобы осуществить передачу какого-либо электрического сигнала при помощи электромагнитных колебаний более высокой частоты, нужно, чтобы частота этих колебаний превосходила частоту передаваемых колебаний по крайней мере в 5—10 раз. По этой причине передача телевизионных сигналов производится на частотах, лежащих в пределах так называемых метрового или дециметрового диапазона волн, т. е. на частотах больше 30 *мггц* (на волнах 10 *м* и короче).



Фиг. 10. Реальная полоса частот телевизионного сигнала.

Напомним, что длиной волны высокочастотных электромагнитных колебаний называется расстояние, на которое энергия этих колебаний распространяется в свободном пространстве за один полный период их изменения. Если частота колебаний составляет f [*гц*], то один период

$$T = \frac{1}{f} \text{ сек.}$$

Так как электромагнитная энергия распространяется со скоростью света, равной примерно 300 000 *км/сек*, то длина волны электромагнитных колебаний связана с частотой этих колебаний соотношением

$$\lambda = cT = \frac{c}{f},$$

где c — скорость света.

Электромагнитная энергия колебаний метрового и дециметрового диапазона волн распространяется в значительной степени прямолинейно и считается, что эти волны не огибают земной поверхности. При этих условиях нормаль-

ная дальность действия телевизионного передатчика составляет обычно 40—60 *км* и при прочих равных условиях тем больше, чем выше поднята приемная антенна.

В последнее время зарегистрировано много случаев приема телевизионных сигналов на значительно бо́льших расстояниях, составляющих несколько сотен километров. Однако такой прием наблюдается не повсеместно и нерегулярно и само явление такого «дальнего приема» еще недостаточно изучено.

Остановимся кратко на некоторых возможных способах увеличения дальности действия телевизионных передатчиков.

Одним из таких способов могут явиться так называемые ретрансляционные или передаточные станции.

В этом случае на границе надежного приема сигнала от данного телевизионного передатчика располагается автоматическая телевизионная приемо-передающая установка. Эта установка принимает телевизионный сигнал от передатчика и затем при помощи узконаправленной антенной системы на более короткой волне направляет его дальше. На расстоянии 60—80 *км* от такой автоматической приемо-передающей установки находится другая автоматическая телевизионная станция, которая принимает этот направленный на нее сигнал и затем после соответствующего усиления излучает его на первоначальной волне во всех направлениях. Эти две вспомогательные передаточные установки позволят обслужить телевизионным вещанием еще такую же площадь, какая обслуживается основным телевизионным передатчиком.

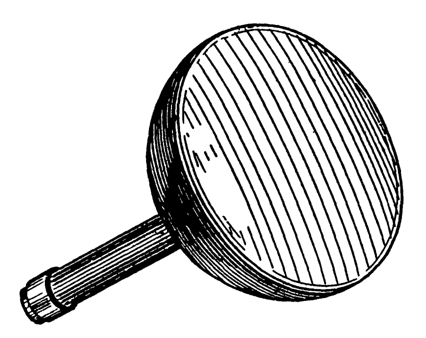
Другим возможным способом увеличения дальности телевизионных передач является использование для этой цели специальных кабельных линий. В ряде случаев этот способ может дать хорошие результаты.

Небезинтересно с этой точки зрения предложение о подъеме передающей аппаратуры на самолете. Такой подъем будет означать сильное увеличение высоты передающей антенны, а следовательно, и соответствующее увеличение дальности действия телевизионного передатчика.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ИЗОБРАЖЕНИЕ

Для преобразования принятого приемным устройством электрического сигнала в изображение на приемном экране используется способность некоторых веществ светиться под

ударами быстролетящих электронов. Эти вещества носят название люминофоров или фосфóров, а явление их свечения под действием электронной бомбардировки известно под названием катодолюминесценции. К числу таких веществ относятся различные соединения таких металлов, как цинк, кадмий, кальций, бериллий и др., с такими неметаллами, как кремний, сера, кислород и пр. Цвет и интенсивность свечения люминофоров определяются добавлением посторонних примесей, таких как серебро, медь, марганец и др. Сильное влияние на цвет свечения люминофора оказывает также и способ его обработки.



Фиг. 11. Приемная телевизионная электроннолучевая трубка.

Люминофор наносится тонким слоем на плоскую поверхность экрана так называемой приемной трубки, один из типов которой показан на фиг. 11. В конце узкого горла приемной трубки имеется устройство для получения потока свободных электронов. На внутренней поверхности расходящейся части баллона трубки нанесен проводящий слой — второй или ускоряющий анод, на который подается высокое постоянное положительное напряжение. Под действием этого напряжения электронный поток с большой скоростью направляется к экрану трубки. На пути движения электронного потока располагаются специальные фокусирующие и отклоняющие устройства, подобные таким же устройствам, какие имеются для этой цели в иконоскопе. При помощи подобных устройств электронный поток собирается у поверхности экрана в тонкий луч, который перемещается по этой поверхности в требуемом порядке.

Точка покрытого люминофором приемного экрана, подвергающаяся в данный момент бомбардировке со стороны электронного луча, начинает светиться. Яркость свечения этой точки будет зависеть от числа падающих на нее электронов или, что то же, от тока луча и от скорости их движения, определяющей количество кинетической энергии, которую несет в себе каждый электрон и которая в свою

очередь определяется величиной положительного напряжения на втором аноде трубки.

Для регулировки степени яркости свечения приемного экрана в зависимости от величины принятого электрического сигнала изображения в приемной трубке имеется специальный управляющий электрод или модулятор, при помощи которого меняется число электронов в электронном луче.

Управляющий электрод располагается между катодом трубки и фокусирующим устройством и на него подается отрицательное по отношению к катоду трубки смещение. При помощи такого отрицательного смещения число электронов в электронном луче (ток луча) точно так же может регулироваться, как регулируется в обычной электронной лампе величина анодного тока. Следовательно, если на управляющий электрод подать в соответствующей полярности принятый сигнал изображения, то свечение отдельных точек приемного экрана при перемещении электронного луча по его поверхности будет происходить в полном соответствии с изменением этого сигнала.

Перемещение электронного луча по экрану приемной трубки происходит в той же последовательности, что и движение электронного луча по мозаике передающей трубки. В тот момент, когда принимается сигнал от первого элемента первой строки передаваемого изображения, электронный луч находится в левом верхнем углу прямоугольного экрана приемной трубки. По мере развертки на мозаике передающей трубки первой строки электронный луч в приемной трубке также перемещается к правому краю прямоугольника экрана и доходит до его правого края в момент окончания развертки первой строки.

Все дальнейшее движение электронного луча по экрану приемной трубки происходит в таком же строгом соответствии с движением электронного луча по мозаике трубки передатчика. В результате такой строгой согласованности в движении обоих лучей свечение каждой точки приемного экрана будет воспроизводить оттенки соответствующих мест передаваемого изображения и благодаря частой повторяемости засветок всех точек экрана зритель получит впечатление полного изображения.

Следует отметить, что люминофор, покрывающий экран приемной трубки, перестает светиться не сразу после ухода электронного луча из данной его точки, а через некоторое

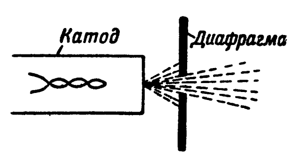
время и яркость свечения этой точки исчезает не мгновенно, а постепенно. Это свойство люминофора, называемое послесвечением, увеличивает время свечения каждой точки экрана и способствует тем самым устранению впечатления мелькания приемного экрана.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ФОКУСИРОВКИ И ОТКЛОНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Общей задачей, одинаковой для передающей и приемной телевизионных трубок, является получение потока свободных электронов, направленного в виде тонкого электронного луча на мозаику передающей трубки или на экран трубки приемного устройства.

Источником потока свободных электронов в обеих трубках является так называемый электронный прожектор. Одну из основных частей электронного прожектора составляет катод трубки, обычно представляющий собой полый металлический цилиндр, покрытый снаружи окисью металла бария. Внутри цилиндра проходит изолированная от него спиральная нить (нить накала), которая нагревает катод при помощи пропускаемого через нее электрического тока.

Нагрев катода до высокой температуры (порядка 800—900° С) вызывает увеличение скоростей движения свободных электронов, имеющихся в покрывающем катод слое окиси бария, и некоторая часть этих электронов вырывается из поверхности катода в окружающее пространство.



Фиг. 12. Действие диафрагмы прожектора электроннолучевой трубки.

Хотя электроны вылетают из поверхности катода преимущественно в сторону мозаики передающей трубки или экрана приемной трубки (в сторону ускоряющего электрода), все же они разлетаются под сравнительно большим углом и для того, чтобы облегчить возможность образования в дальнейшем тонкого электронного луча, на пути вырванных электронов ставится так называемая диафрагма, а иногда и несколько таких диафрагм (фиг. 12). Диафрагма представляет собой диск с небольшим отверстием, центр которого совпадает с осью трубки.

Электронный поток на своем пути от катода трубки к ее мозаике или экрану должен быть подвергнут двум операциям: фокусировке, т. е. сжатию у поверхности мозаики или экрана в сравнительно тонкий луч, и отклонению, т. е. перемещению по поверхности мозаики или экрана в установленном порядке с заданной скоростью.

В телевизионной технике для осуществления этих операций находят применение два способа: отклонение и фокусировка электронного луча при помощи воздействия на него электростатических полей и фокусировка и отклонение электронного луча путем воздействия на него электромагнитных полей. В соответствии с этим все телевизионные передающие и приемные трубки разделяются на трубки с электрической и с электромагнитной фокусировкой электронного луча, точно так же, как и на трубки с электростатическим и с электромагнитным отклонением электронного луча.

В любом электростатическом поле можно найти бесчисленное множество таких точек, где величина поля или, как говорят, напряженность поля имеет одно и то же значение. Если через все эти точки провести поверхность, то такую поверхность называют эквипотенциальной поверхностью или поверхностью равного потенциала.

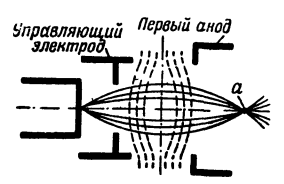
Пусть на пути движения электронного потока, вылетевшего из катода электронного прожектора, находятся два цилиндра разного диаметра (фиг. 13). Одним из таких цилиндров, расположенным ближе к катоду и имеющим меньший диаметр, пусть будет управляющий электрод трубки, на который подано небольшое отрицательное напряжение. На второй цилиндр, называемый первым или фокусирующим анодом, подается достаточно большое положительное напряжение.

Если рассечь электростатическое поле, образуемое этими цилиндрами, плоскостью, проходящей через ось трубки, то сечение эквипотенциальных поверхностей будет таким, как показано на фиг. 13 штриховыми линиями. Можно заметить, что очертания этих сечений напоминают двояковыпуклую оптическую линзу.

Пусть в пространстве, где действует рассматриваемое электростатическое поле, попадает электрон, вылетевший из катода под некоторым углом к оси трубки. В левой части поля, где скорость изменения разности потенциалов между соседними эквипотенциальными поверхностями растет, элек-

трон, двигаясь вперед по направлению к мозаике или экрану, стремится в то же время сократить свой путь от одной эквипотенциальной поверхности к другой и в результате этого отклоняется в сторону оси трубки. В правой части, наоборот, электрон стремится удлинить свой путь и поэтому еще более приближается к оси.

Оказывается, что чем меньше угол, под которым электрон вылетел из катода по отношению к оси трубки, тем меньше на него влияет электростатическое поле, созданное управляющим электродом и первым (фокусирующим) анодом. Если электрон вылетел строго по оси трубки, то действию поля он совершенно не подвергается. Такое явление приводит к тому, что все электроны, прошедшие через отверстие в диафрагме и направляющиеся к экрану или мозаике трубки, собираются под действием поля в одной точке *a*, лежащей за управляющим электродом (фиг. 13).



Фиг. 13. Получение электронной линзы в прожекторе электроннолучевой трубки.

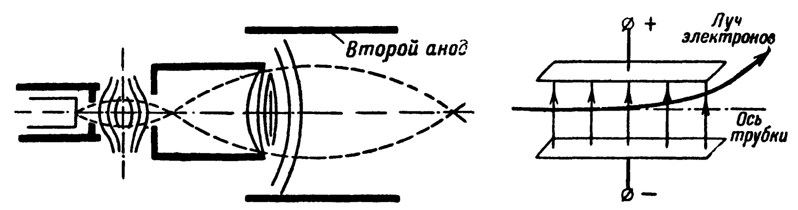
В какой мере конфигурация эквипотенциальных поверхностей рассмотренного электростатического поля похожа на очертание двояковыпуклой электростатической линзы, в такой же мере траектории движения электронов напоминают путь светового луча в оптической линзе такой же формы. На основании этого сходства рассмотренную систему соосных цилиндров, на которые поданы различные по величине электрические потенциалы, называют электроннооптической линзой, а точку пересечения траекторий электронов с осью трубки, расположенную после этой линзы, можно назвать поэтому электроннооптическим изображением катода.

За фокусирующим электродом помещается ускоряющий или второй анод трубки, на который подается более высокий электрический потенциал, чем потенциал фокусирующего анода.

В пространстве между фокусирующим и ускоряющим анодами образуется вторая электроннооптическая линза, действующая на электронный поток точно так же, как и первая электроннооптическая линза и также собирающая расходящийся поток электронов в одну точку на оси трубки (фиг. 14). Положение этой точки на оси трубки зависит от

соотношения между потенциалами фокусирующего и ускоряющего анодов, и меняя, например, потенциал первого анода, можно совместить точку пересечения траекторий электронов с поверхностью мозаики передающей трубки или с поверхностью экрана приемной трубки. Так практически осуществляется фокусировка электронного луча при использовании для этой цели сил электростатического поля.

При использовании сил электростатического поля для отклонения электронного луча по поверхности мозаики или экрана необходимо создать специальное электростатическое поле между пластинами плоского конденсатора, расположенного на пути электронного потока (фиг. 15). Попадая



Фиг. 14. Прожектор наиболее распространенных электроннолучевых приемных трубок.

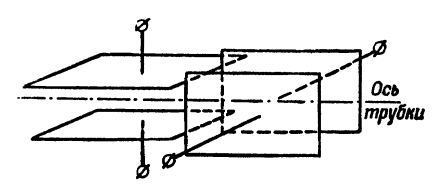
Фиг. 15. Действие электростатического поля на электронный луч.

в электростатическое поле, действующее между этими пластинами, электрон отклонится от своего первоначального пути в сторону пластины с положительным потенциалом и, выйдя из зоны действия поля, попадет в точку экрана или мозаики, смещенную относительно их центра. Чем больше разность потенциалов между пластинами отклоняющего конденсатора, тем соответственно большим будет и отклонение электронного луча на экране или мозаике трубки. Следовательно, меняя величину и знак разности потенциалов между пластинами, можно перемещать луч по экрану или мозаике трубки на любую величину и в любую сторону от его центрального положения.

Степень отклонения электронного луча на поверхности мозаики или экрана трубки зависит от разности напряжений, приложенных к отклоняющим пластинам, от величины ускоряющего напряжения на втором аноде трубки, от ее геометрических размеров, от размеров отклоняющих пластин и расстояния между ними.

При помощи только одной пары отклоняющих пластин можно перемещать луч только в каком-нибудь одном на-

правлении, например в горизонтальном, если пластины расположены в вертикальных плоскостях, или в вертикальном, если отклоняющие пластины расположены горизонтально. Для того чтобы иметь возможность отклонять электронный луч одновременно в обоих направлениях, вертикальном и горизонтальном, в горле трубки помещают две пары отклоняющих пластин, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях (фиг. 16). В соответствии с этим в трубках с электростатическим отклонением электронного луча различают горизонтально отклоняющие пластины и вертикально отклоняющие пластины трубки.



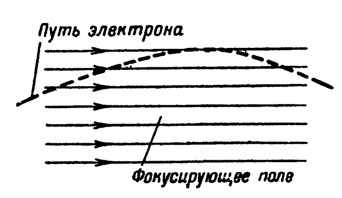
Фиг. 16. Отклоняющие пластины электроннолучевой трубки.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СПОСОБ ФОКУСИРОВКИ И ОТКЛОНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

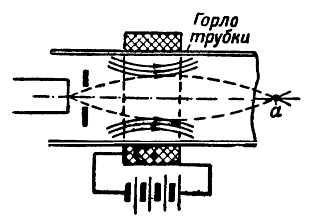
При электромагнитном способе фокусировки электронного луча используется влияние на движущийся электрон сил электромагнитного поля.

Если движущийся электрон попадает в постоянное магнитное или электромагнитное поле, то он стремится совершать в нем круговое движение, перпендикулярное силовым линиям поля. Так как электрон одновременно перемещается при этом еще и вдоль поля, то результирующее движение его в электромагнитном поле будет происходить по участку винтовой линии (фиг. 17).

Пусть на горло приемной или передающей трубки надета катушка индуктивности, по виткам которой протекает постоянный электрический ток (фиг. 18). Внутри горла



Фиг. 17. Действие магнитного поля на движущийся в нем электрон.



Фиг. 18. Фокусирующее действие магнитного поля катушки.

трубки основная часть силовых линий создаваемого этой катушкой электромагнитного поля будет направлена вдоль оси трубки и попавший в это поле электрон будет стремиться совершать вращательное движение вдоль оси трубки перпендикулярно силовым линиям поля. Так как протяженность поля невелика, то электрон успеет сделать лишь часть витка винтовой линии и, выйдя из зоны действия электромагнитного поля, вновь будет двигаться прямолинейно. Однако если сила (напряженность) электромагнитного поля достаточно велика, то электрон по выходе из зоны действия поля может оказаться направленным к оси трубки.

Вращающее действие поля испытывают только те электроны, которые входят в него под некоторым углом к его силовым линиям. Электрон, летящий по оси трубки параллельно линиям поля, не подвергается никаким воздействиям и продолжает свой путь к центру экрана или мозаики трубки без каких-либо отклонений от своего первоначального пути.

Чем больше угол между траекторией движения электрона и силовыми линиями электромагнитного поля, тем сильнее действие, оказываемое на него этим полем, и в результате этого все электроны, входящие в фокусирующее электромагнитное поле под разными углами, направляются к оси трубки и пересекают ее практически в одной точке (фиг. 18), если только углы, под которыми электроны влетают в электромагнитное поле, не очень велики. В этом случае получается как бы такое же электроннооптическое изображение катода трубки, как и при электростатической фокусировке электронного луча, и в этом смысле фокусирующая катушка индуктивности может быть также названа электроннооптической линзой.

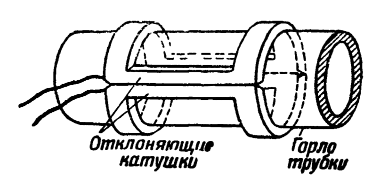
Положение точки пересечения траекторий электронов зависит от величины напряженности электромагнитного поля, которое в свою очередь прямо пропорционально току, протекающему через фокусирующую катушку. Таким образом, меняя величину фокусирующего тока, можно совместить точку пересечения траекторий электронов с поверхностью мозаики или экрана трубки и обеспечить тем самым необходимую степень фокусировки электронного луча.

При электромагнитном отклонении электронного луча также используется вращающее действие электромагнитного поля на движущийся электрон, как это имеет место при электромагнитной фокусировке, с той лишь разницей, что

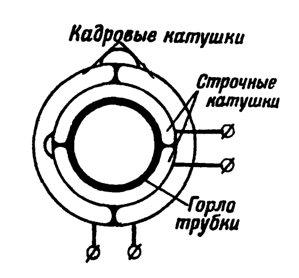
силовые линии отклоняющего электромагнитного поля должны быть теперь направлены перпендикулярно оси трубки.

Такое электромагнитное поле может быть получено при помощи электрического тока, протекающего через две катушки индуктивности, расположенные на горле трубки одна против другой (фиг. 19).

Электрон, попавший в такое электромагнитное поле, будет стремиться двигаться в нем по окружности и, выйдя из зоны действия этого поля, окажется смещенным относительно центра трубки. Величина смещения траектории электрона относительно оси трубки будет определяться напряженностью отклоняющего электромагнитного поля, а направление смещения — направлением магнитных силовых линий поля, т. е. при данном расположении катушек индуктивности направлением протекающего через них электрического тока. Так как напряженность электромагнитного поля при неизменном числе витков в катушках индуктивности прямо пропорциональна величине протекающего через них электрического тока, то, меняя величину тока и его направление, можно отклонить электронный луч на любую необходимую величину в любую сторону от центра трубки.



Фиг. 19. Отклоняющие катушки и их расположение на горле электроннолучевой трубки.



Фиг. 20. Взаимное расположение строчных и кадровых отклоняющих катушек.

Величина отклонения электронного луча зависит от напряженности отклоняющего электромагнитного поля, от напряжения на втором аноде трубки, от размеров самой трубки и катушек индуктивности.

Так как при помощи только одной пары катушек индуктивности можно отклонить электронный луч лишь в одном каком-нибудь направлении, то для перемещения электронного луча по всему экрану используются две пары взаимно перпендикулярно расположенных катушек индуктивности (фиг. 20), называемых соответственно вертикальными и горизонтальными отклоняющими катушками.

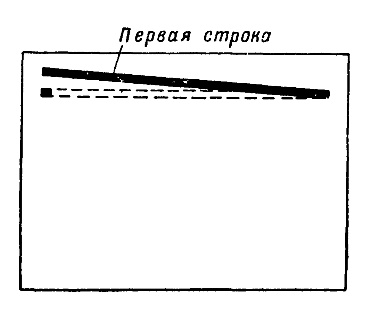
ФОРМА ОТКЛОНЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ОТКЛОНЯЮЩИХ ТОКОВ

При преобразовании освещенностей отдельных элементов передаваемого изображения в электрические сигналы в передающей трубке и при обратном преобразовании этих сигналов в изображение на экране приемной трубки электронные лучи в обеих трубках должны начинать свое движение с левого верхнего угла изображения и перемещаться с постоянной скоростью по его верхней кромке к его правому краю. Дойдя до правого края, луч прочертит первую строку развертки. После этого электронный луч должен быстро вернуться снова на левый край изображения и, сместившись вниз на ширину одной строки, прочертить вторую горизонтальную строку развертки рядом с первой. После второй строки таким же способом прочерчивается третья строка развертки, затем четвертая строка и т. д., пока не будет передан (или принят) полный телевизионный кадр. После этого электронный луч быстро возвращается снова в левый верхний угол мозаики или экрана и начинается передача (или прием) следующего кадра.

Такой порядок движения электронного луча по мозаике передающей трубки или по экрану приемной трубки должен осуществляться при последовательной развертке всех строк телевизионного кадра. Если же применяется чересстрочная развертка, то электронный луч должен прочертить в таком же порядке сначала все нечетные строки развертки и затем в промежутках между ними все ранее пропущенные четные строки.

Допустим, что применяется электростатический способ отклонения электронного луча и на обе пары отклоняющих пластин поданы такие постоянные напряжения отрицательного значения, под действием которых электронный луч оказался перемещенным в левый верхний угол мозаики передающей трубки или экрана трубки приемника, и предположим, что после этого напряжение на обеих парах отклоняющих пластин начнет по абсолютному значению постепенно уменьшаться, причем на строчных отклоняющих пластинах быстро, а на кадровых значительно медленнее. В соответствии с этими изменениями отклоняющих напряжений электронный луч начнет быстро сдвигаться к оси экрана или мозаики, одновременно медленно опускаясь вниз. Пусть, дойдя до своей нулевой величины, напряжение на горизонтально отклоняющих пластинах начнет расти в сторону

положительных значений, а отрицательное напряжение на вертикально отклоняющих пластинах пусть продолжает попрежнему медленно уменьшать свою величину. В тот момент, когда положительное напряжение на горизонтально отклоняющих пластинах станет по абсолютной величине равно первоначальному своему отрицательному знчению, электронный луч окажется у правого края мозаики или экрана, опустившись при этом по вертикали несколько вниз по отношению к своему первоначальному положению в этом направлении (фиг. 21).



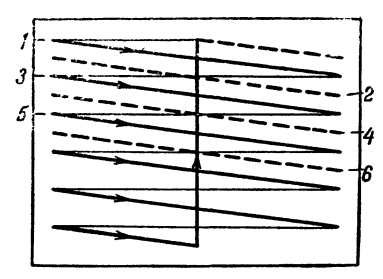
Фиг. 21. Прочерчивание первой строки растра.

Напряжение на горизонтально отклоняющих пластинах будем в дальнейшем называть строчным отклоняющим напряжением, а напряжение на вертикально отклоняющих пластинах—кадровым отклоняющим напряжением.

Допустим, что к концу развертки первой строки изображения электронный луч опустился на ширину двух строк. Если в момент окончания развертки первой строки строчное отклоняющее напряжение быстро вернется к своему первоначальному отрицательному значению, то и электронный луч также быстро возвратится на левый край мозаики или экрана и окажется при этом точно на том же месте, где должна начаться развертка третьей строки передаваемого изображения. Если теперь в точности повторить характер изменения строчного отклоняющего напряжения, как и при развертке первой строки, и продолжать попрежнему медленно уменьшать кадровое отклоняющее напряжение, то будет развернута третья строка изображения, затем в таком же порядке пятая строка и далее все остальные нечетные строки телевизионного растра. При этом очевидно, что после того, как отклоняющее напряжение на кадровых отклоняющих пластинах станет равным нулю, что произойдет в момент, когда будет развертываться средняя строка нечетного полукадра развертки, это напряжение должно начать возрастать в сторону положительных значений.

Предположим теперь, что положительное кадровое отклоняющее напряжение стало таким же по величине, как

и его первоначальное отрицательное значение в тот момент, когда электронный луч прочертил половину последней нечетной строки телевизионного растра, и в этот момент напряжение на кадровых отклоняющих пластинах скачком вернулось к своему первоначальному отрицательному значению (фиг. 22). Можно заметить, что поскольку развертка последней нечетной строки оборвалась не в конце строки, а на ее середине, то и электронный луч, вернувшись в свое исходное положение по вертикали, окажется не в левом верхнем углу мозаики или экрана, откуда начиналась развертка первой нечетной строки, а на той же высоте, но на середине мозаики или экрана. Так как все строки развернутого нечетного полукадра наклонены, то начальное положение электронного луча при развертке оставшейся половины последней строки первого полукадра окажется приподнятым над первой строкой и оставшаяся полустрока будет в результате этого развернута над первой нечетной строкой *1* (штриховые линии на фиг. 22). В соответствии с этим первая строка следующего полукадра, представляющая собой вторую строку развертки всего кадра, будет уложена в промежуток между первой и третьей строками и все остальные четные строки, составляющие второй полукадр развертки, окажутся в промежутках между ранее развернутыми нечетными строками, составляющими первый полукадр развертки полного телевизионного кадра. Так как полное число строк в телевизионном кадре всегда берется нечетным (343, 405, 411, 525, 625 и пр.), то последняя строка второго полукадра будет развернута полностью и весь процесс развертки следующего кадра полностью повторится в том же порядке.



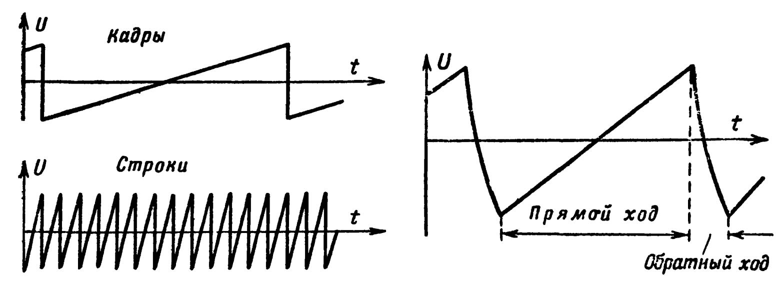
Фиг. 22. Получение чересстрочной развертки.

Необходимый закон изменения формы отклоняющих напряжений на строчных и кадровых отклоняющих пластинах показан на фиг. 23. Форма этих напряжений напоминает пилу, и поэтому напряжения такого вида принято называть пилообразными напряжениями.

Все сказанное выше одинаково справедливо и для слу-

чая, когда используется электромагнитный способ отклонения электронного луча, с тем лишь отличием, что по пилообразному закону в этом случае должны меняться электрические токи, пропускаемые через отклоняющие катушки.

Обычно на практике изменение пилообразного напряжения или пилообразного тока при возвращении электронного луча в исходное положение никогда не происходит мгновенно, как это предполагалось выше, а всегда занимает некоторое, вполне определенное время. Практически используе-



Фиг. 23. Форма напряжений кадровой и строчной частот, необходимых для получения телевизионного растра.

Фиг. 24. Практически используемая форма развертывающего напряжения.

мая форма пилообразных отклоняющих напряжений или пилообразных токов показана на фиг. 24. Однако и при такой форме отклоняющих токов или напряжений весь процесс развертки происходит в точности так же, как только что было описано выше. Во время возвратного движения электронного луча по строке и по кадру сигналы изображения не передаются, и, как будет показано в дальнейшем, это время используется для передачи других специальных сигналов, необходимых для точного воспроизведения передаваемого изображения на приемном экране.

Та часть периода пилообразных колебаний отклоняющих напряжений или отклоняющих токов, в течение которого производится развертка передаваемого изображения и передача полученных при этом электрических сигналов, называется **прямым ходом** соответственно строчной или кадровой развертки. Изменение же напряжения, обеспечивающее возвратное движение электронного луча, называется **обратным ходом**.

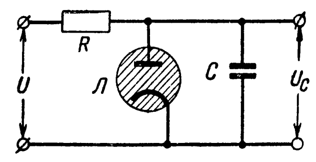
Число полных изменений кадрового отклоняющего напряжения или кадрового отклоняющего тока за 1 сек. назы-

вается частотой смены полей или частотой кадровой развертки. Соответственно число полных изменений строчного отклоняющего напряжения или строчного отклоняющего тока за 1 сек. называется частотой строчной разверки или просто частотой строк

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЛООБРАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПИЛООБРАЗНЫХ ТОКОВ

Наиболее простым способом получения пилообразного напряжения является схема с использованием газотрона *Л*, показанная на фиг. 25.

Газотроном называется прибор, состоящий из двух электродов, помещенных в стеклянный баллон, наполненный каким-либо инертным газом. Если к электродам газотрона прикладывать постепенно повышающееся электрическое напряжение, то до тех пор, пока это напряжение не достигнет некоторой, вполне определенной величины, никакого электрического тока через газотрон практически не протекает и электрическое сопротивление газотрона можно считать бесконечно большим. В тот же момент, когда напряжение между электродами газотрона становится равным указанной выше величине, начинается бурный процесс ионизации наполняющего газотрон газа, т. е. отрыв от его молекул свободных электронов и образование в связи с этим положительно заряженных ионов. В этот момент через газотрон начинает протекать большой электрический ток, и сопротивление газотрона электрическому току резко падает до очень небольшой величины; как принято говорить, газотрон «загорается». Напряжение между электродами газотрона, при котором происходит его «зажигание», называется порогом зажигания газотрона. Если же теперь, после того как газотрон загорелся, начинать уменьшать напряжение, приложенное к его электродам, то газотрон будет продолжать гореть и погаснет при заметно меньшем напряжении, чем порог зажигания. Напряжение между электродами газотрона, при котором газотрон гаснет, называется порогом гашения. Разность между порогом зажигания газотрона и порогом его гашения для обычных газотронов не превышает 20—30 *в*.



Фиг. 25. Схема генератора пилообразного напряжения на газотроне.

Схема генератора пилообразного напряжения с использованием указанных выше свойств газотрона, показанная на фиг. 25, является исторически одной из первых схем, применяемых для этой цели в телевизионной технике.

Из схемы видно, что напряжение между электродами газотрона определяется величиной заряда на конденсаторе C. В момент включения напряжения питания напряжение на конденсаторе равно нулю и затем постепенно, по мере заряда конденсатора, нарастает по закону, который можно выразить формулой

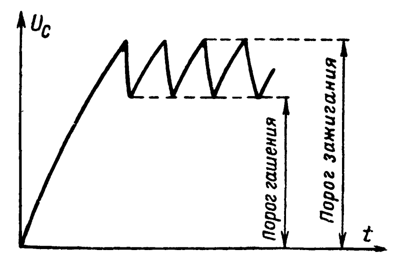
$$U_C = U\frac{t}{RC},$$

где U_C — напряжение на конденсаторе и, следовательно, напряжение между электродами газотрона;
U — напряжение источника питания;
t — время, прошедшее с момента включения источника питания;
R — сопротивление, через которое производится заряд конденсатора.

Произведение RC принято называть постоянной времени зарядной цепи.

Как только напряжение на конденсаторе станет равным порогу зажигания газотрона, газотрон загорается, сопротивление его резко падает и сразу же начинается быстрый процесс разряда конденсатора через газотрон.

Разряд конденсатора будет происходить до тех пор, пока напряжение на нем не упадет до величины, соответствующей порогу гашения газотрона; после этого газотрон гаснет, конденсатор начинает вновь заряжаться через сопротивление R от источника питания и весь процесс повторяется в том же порядке.

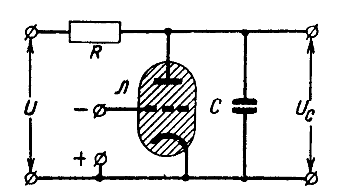


Фиг. 26. К пояснению принципа работы генератора на газотроне.

Изменение напряжения на конденсаторе схемы генератора показано на фиг. 26. Здесь видно, что если от получаемого на конденсаторе напряжения отделить постоянную составляющую, то это напряжение будет иметь необходимую пилообразную форму.

Основным недостатком рассмотренной схемы генератора является невозможность получения большого размаха пилообразного напряжения, так как этот размах ограничен разностью между порогом гашения и порогом зажигания газотрона и не превышает, как уже указывалось, 20—30 *в*, тогда как для полного отклонения электронного луча на поверхности мозаики передающей трубки или экрана трубки приемника требуется размах напряжения в несколько сотен вольт.

Другим недостатком такой схемы генератора пилообразного напряжения является большое время обратного хода, обусловленное тем, что заряд конденсатора не может начаться раньше, чем газотрон полностью погаснет, а на гашение газотрона требуется вполне определенное, достаточно большое с точки зрения скорости протекания телевизионных процессов время.



Фиг. 27. Схема генератора пилообразного напряжения на тиратроне.

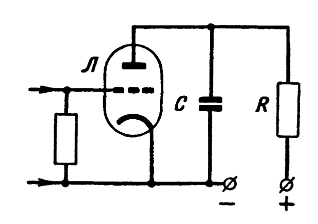
Несколько лучшие результаты можно получить при помощи схемы генератора пилообразного напряжения, использующей другой газонаполненный прибор, называемый тиратроном (фиг. 27).

Тиратрон отличается от газотрона тем, что имеет в промежутке между обоими электродами третий электрод — сетку. В современном выполнении тиратрон может быть уподоблен по своей конструкции трехэлектродной электронной лампе — триоду, с тем отличием, что баллон тиратрона заполнен каким-либо инертным газом. Действие сетки тиратрона заключается в том, что при подаче на нее отрицательного напряжения можно регулировать и увеличить порог зажигания тиратрона. Так как порог гашения остается при этом неизменным и сетка перестает действовать сразу же, как только тиратрон загорелся, то размах пилообразного напряжения в схеме генератора с тиратроном может быть получен значительно бо́льшим, чем в схеме генератора пилообразного напряжения с газотроном. Что же касается величины обратного хода получаемого пилообразного напряжения, то она остается такой же, как и в схеме генератора с газотроном.

Более распространенной в настоящее время практической схемой генератора пилообразного напряжения являет-

ся схема, показанная на фиг. 28, где для разряда конденсатора *C* используется электронная лампа *Л*. Эту лампу обычно называют **р а з р я д н о й л а м п о й.**

При запертой лампе в ее анодной цепи будет происходить тот же процесс что и в предыдущих схемах генераторов при погашенных газотроне или тиратроне, т. е. будет иметь место постепенный заряд конденсатора *C* через сопротивление *R*. Закон нарастания напряжения на конденсаторе будет при этом в точности таким же, как и в предыдущих схемах, и, регулируя, например, величину сопротивления *R*, можно менять скорость нарастания напряжения. Если теперь лампу в некоторый момент толчком открыть, то ее внутреннее сопротивление резко упадет, через лампу начнется разряд конденсатора и напряжение на нем начнет быстро уменьшаться. Если через определенный промежуток времени лампу снова закрыть, то вновь начнется заряд конденсатора и весь процесс полностью повторится.



Фиг. 28. Схема каскада с разрядной лампой.

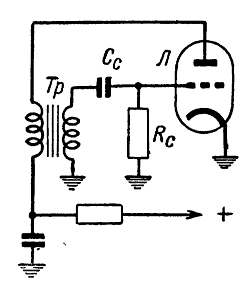
Преимуществом такой схемы генератора пилообразного напряжения с разрядной лампой является то, что моменты начала и окончания заряда и разряда лампы, т. е. моменты начала и окончания прямого хода развертки, не зависят от параметров схемы и почти не зависят от параметров лампы, если только применяется лампа с малым внутренним сопротивлением, и практически целиком определяется параметрами управляющей цепи, открывающей и закрывающей разрядную лампу. К числу недостатков этой схемы генератора по сравнению с предыдущими схемами следует отнести необходимость подачи на сетку разрядной лампы внешнего управляющего напряжения.

Как видно из принципа работы рассматриваемой схемы генератора, на сетку разрядной лампы необходимо подавать такое внешнее управляющее напряжение, которое запирало бы эту лампу в течение длительного времени (прямой ход развертки) и отпирало бы ее на короткое время (обратный ход). Очевидно, что это должно быть большое отрицательное напряжение, регулярно прерываемое короткими положительными импульсами.

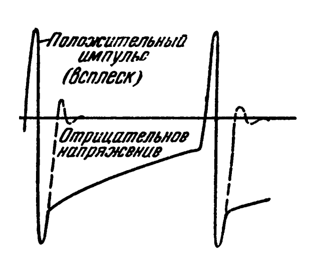
Существует целый ряд схем, способных создать управ-

ляющее напряжение необходимой формы. Наибольшее распространение из них в схемах телевизоров получила так называемая схема блокинг-генератора (фиг. 29).

Форма управляющего напряжения, создаваемого блокинг-генератором, показана на фиг. 30. Длительность положительного всплеска в этом напряжении определяется главным образом индуктивностью и собственной распределенной емкостью обмоток трансформатора *Тр*, включенного между сеткой и анодом лампы *Л*. Что же касается



Фиг. 29. Схема блокинг-генератора.



Фиг. 30. Форма напряжений на сетке лампы блокинг-генератора.

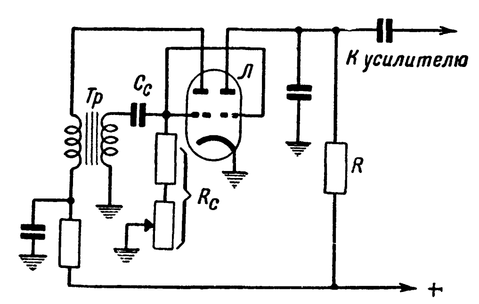
интервала между этими всплесками, то последний определяется величиной постоянной времени сеточной цепи блокинг-генератора, т. е. произведением R_cC_c. Изменяя, например, величину сопротивления R_c можно соответственно изменять и частоту получаемого пилообразного напряжения. Размах этого напряжения можно в широких пределах регулировать величиной сопротивления R, через которое происходит заряд конденсатора C, включенного в анодную цепь разрядной лампы (фиг. 28).

Если используется телевизионная трубка с электростатическим отклонением электронного луча, то величина пилообразного напряжения, получаемого на выходе анодной цепи разрядной лампы, обычно недостаточна для получения полного отклонения электронного луча на мозаике передающей трубки или на экране трубки приемника и поэтому приходится применять последующее усиление.

Типовая схема получения пилообразного напряжения с применением блокинг-генератора показана на фиг. 31. Ее можно назвать классической схемой телевизионного гене-

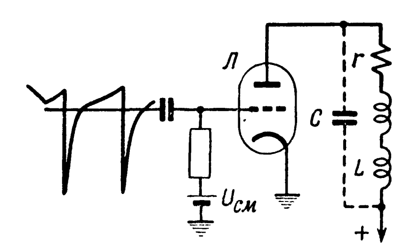
ратора развертывающего пилообразного напряжения. Кроме нее, существует еще целый ряд схем генераторов пилообразного напряжения, большинство из которых представляет собой то или иное видоизменение этой классической схемы.

Перейдем теперь к рассмотрению схем генераторов пилообразного тока, начав это рассмотрение с так называемых схем генераторов пилообразного тока с независимым возбуждением.



Фиг. 31. Схема блокинг-генератора с разрядной лампой.

Пусть напряжение, получаемое в сеточной цепи лампы *Л* блокинг-генератора, подается в перевернутой фазе на сетку лампы, в анодную цепь которой включены отклоняющие катушки (фиг. 32). Пусть также на сетке этой лампы действует постоянное напряжение смещения $U_{см}$. В тот момент, когда лампа открывается, в ее анодной цепи появляется постепенно нарастающий анодный ток.



Фиг. 32. Схема генератора пилообразного тока с внешним возбуждением.

Нарастание тока в анодной индуктивности L будет происходить до тех пор, пока лампа остается открытой. В тот момент, когда на сетку лампы поступит отрицательный импульс, лампа окажется закрытой и ее анодная цепь будет разорванной.

Рассмотрим, что будет представлять собой анодная цепь лампы после того, как сама лампа окажется закрытой.

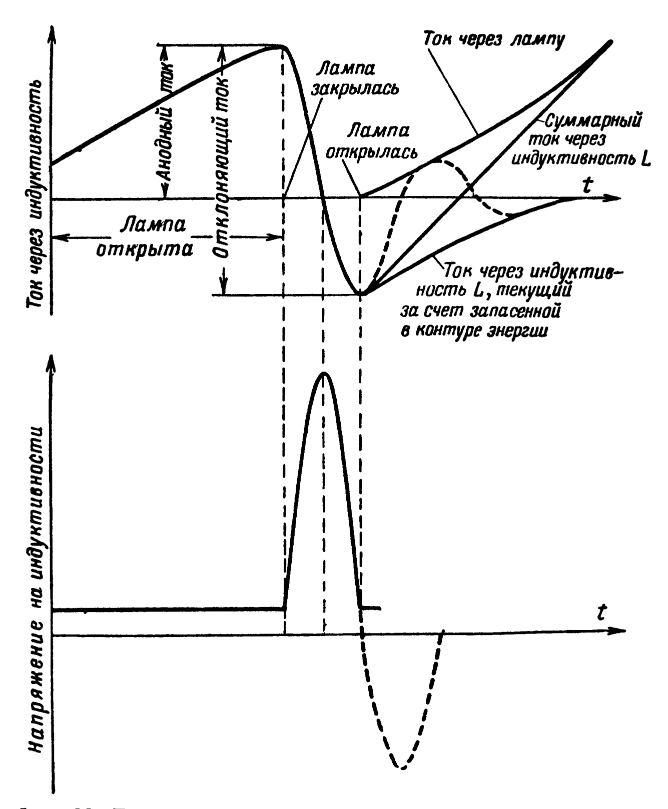
Каждая катушка индуктивности обладает собственной распределенной емкостью, образуемой ее витками как между собой, так и между этими витками и другими близлежащими элементами схемы. Кроме того, катушка обладает определенной величиной активного сопротивления. Из этого следует, что индуктивность отклоняющих катушек, включенных в анодную цепь лампы, в действительности физически

представляет собой колебательный контур, образованный емкостью C, активным сопротивлением r и индуктивностью L (фиг. 32). До тех пор, пока параллельно этому контуру было включено небольшое по величине внутреннее сопротивление лампы, колебательные свойства этого контура были сильно приглушены и не могли сколько-нибудь заметно проявиться. В тот же момент, когда лампа становится закрытой поступившим на ее сетку отрицательным импульсом, в колебательном контуре благодаря запасенной в нем энергии возникают так называемые собственные колебания. Эти колебания в данный момент могут возникнуть лишь в таком виде, чтобы ток через индуктивность стал уменьшаться (для увеличения тока через индуктивность потребовалась бы дополнительная затрата энергии, которой рассматриваемая система в данное время не располагает). Это означает, что в первый полупериод изменение колебательного тока происходит в сторону уменьшения. Соответственно напряжение на индуктивности должно быстро возрастать, и оно достигает своего максимального значения в тот момент, когда ток через индуктивность становится равным нулю. Ход изменения тока через индуктивность и изменение напряжения на ней показаны на фиг. 33.

Предположим, что все элементы схемы генератора пилообразного тока подобраны так, что в момент окончания действия отрицательного импульса на сетке лампы и, следовательно, в момент ее следующего открывания колебательный ток через индуктивность достигает своего максимального отрицательного значения, а напряжение на индуктивности становится равным нулю. Если в этот момент лампа откроется, то ее внутреннее сопротивление сильно шунтирует колебательный контур, образованный отклоняющими катушками, и через эти катушки потечет постепенно увеличивающийся ток, создаваемый источником питания, подключенным к катушкам через лампу. Этот ток будет протекать в положительном направлении. Кроме того, через индуктивность L будет протекать постепенно убывающий ток в отрицательном направлении, тот самый, который протекал в ней под действием имеющегося запаса энергии, еще не полностью израсходованной за то время, пока лампа была закрыта. Суммарное изменение электрического тока через индуктивность в этом случае будет таким, как показано на фиг. 33. Если правильно подобрать параметры всей схемы, то закон изменения общего тока, протекающего через

отклоняющую индуктивность, будет иметь практически пилообразную форму.

Одна из типовых схем генератора пилообразного тока строчной частоты показана на фиг. 34.



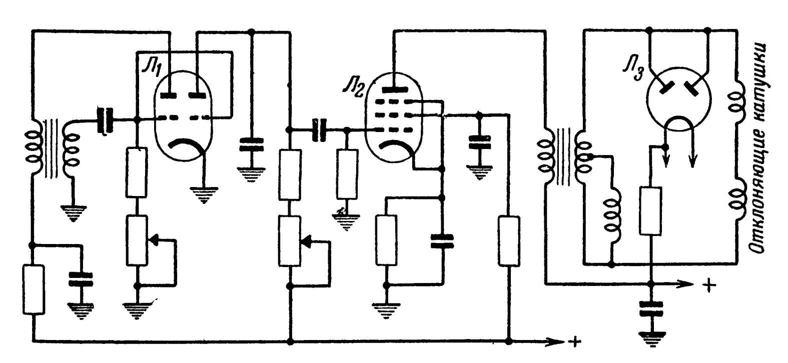
Фиг. 33. Токи и напряжения в анодной цепи генератора тока.

Первый и второй триоды лампы $Л_1$ представляют собой блокинг-генератор и разрядную лампу. Напряжение пилообразной формы, вырабатываемой лампой $Л_1$, подается на управляющую сетку лампы $Л_2$, в анодную цепь которой через понижающий трансформатор включена отклоняющая индуктивность.

Параллельно анодной индуктивности включен диод $Л_3$, имеющий в открытом состоянии небольшое внутреннее со-

противление. Так как на катоде диода имеется положительное напряжение, равное анодному напряжению открытой выходной лампы $Л_2$, то на его анод подается дополнительное положительное напряжение такой величины, что в течение всего времени прямого хода пилообразного напряжения диод остается открытым и сильно шунтирует эквивалентный колебательный контур в анодной цепи выходной лампы.

В тот момент, когда на сетку выходной лампы $Л_2$ поступает отрицательный импульс и в результате возникающего



Фиг. 34. Типовая схема генератора тока строчной частоты.

колебательного процесса положительное напряжение на аноде лампы, а следовательно, и на катоде диода начинает возрастать, диод закрывается и в анодной цепи выходной лампы развивается интенсивный процесс собственных свободных колебаний в эквивалентном анодном контуре.

Однако в отличие от предыдущей рассмотренной схемы генератора пилообразного тока этот процесс прекращается независимо от того, когда снова откроется выходная лампа. Это прекращение собственных колебаний эквивалентного анодного контура произойдет в тот момент, когда снова откроется диод, после чего дальнейший процесс в анодной цепи выходной лампы будет иметь апериодический, т. е. постепенно спадающий, характер. При открывании выходной лампы, создаваемый ею анодный ток сложится с остаточным током через индуктивность точно так же, как это происходило в рассмотренной ранее схеме генератора пилообразного тока.

Момент отпирания выходной лампы в этой схеме легко может быть подобран таким, чтобы получаемый в отклоняющей индуктивности суммарный ток имел необходимую линейнопилообразную форму.

Следует обратить внимание на то, что в рассмотренной схеме генератора пилообразного тока размах получаемого отклоняющего тока заметно больше, чем максимальная величина анодного тока выходной лампы (фиг. 33). Это значит, что коэффициент использования энергии питания в этой схеме достаточно высок, чего нельзя сказать про целый ряд других подобных схем.

Коэффициент использования энергии питания или, иначе говоря, повышение к. п. д. генератора пилообразного тока имеет особенно большее значение в генераторах строчной развертки.

Как уже было ранее упомянуто, величина отклонения электронного луча на мозаике передающей трубки или на экране трубки приемника при прочих равных условиях прямо пропорциональна напряженности отклоняющего электромагнитного поля. В свою очередь напряженность отклоняющего электромагнитного поля также прямо пропорциональна произведению числа витков в отклоняющих катушках на величину протекающего через них электрического тока. Это произведение принято измерять числом ампервитков, и поэтому можно сказать, что величина отклонения электронного луча определяется числом ампервитков отклоняющих катушек, независимо от того, какую величину имеет каждый из сомножителей, т. е. независимо от того, получено ли данное число ампервитков при помощи маловитковой отклоняющей катушки и большого протекающего через нее тока или при помощи малого электрического тока, пропускаемого через отклоняющую катушку с большим числом витков. Из этого следует, что с энергетической точки зрения выгодно увеличивать число витков в отклоняющих катушках с тем, чтобы соответственно уменьшить необходимый размах отклоняющего пилообразного тока. Так обычно и поступают в генераторах пилообразного тока кадровой частоты, где число витков в отклоняющих катушках обычно составляет 10 000—15 000 и размах отклоняющего пилообразного тока, как правило, не превышает 25—30 *ма.* Такое небольшое потребление отклоняющего тока в генераторах кадровой развертки позволяет не обращать особого внимания на величину коэффициента его полезного действия.

Несколько иная картина наблюдается в генераторах пилообразного тока для строчной развертки. Частота строчного пилообразного тока достаточно велика (по нашему стандарту телевизионного вещания эта частота равна 15 625 *гц*), и поэтому с повышением числа витков в строчных отклоняющих катушках начинает заметно сказываться влияние их собственной распределенной емкости и их активных потерь. Это влияние проявляется прежде всего в увеличении времени обратного хода получаемого пилообразного напряжения, что легко понять из принципа работы только что рассмотренной схемы генератора. В этой схеме время, занимаемое обратным ходом полученного пилообразного тока, практически равно полупериоду собственных колебаний эквивалентного анодного контура, а последний тем больше, чем больше собственная емкость отклоняющих катушек. Что же касается величины активных потерь в отклоняющих катушках, то они заметно уменьшают размах получаемого пилообразного напряжения и ухудшают его линейность. В связи с этим строчные отклоняющие катушки обычно состоят из 500—800 витков и размах отклоняющего тока может достигать величины 0,5—1 *а*. Естественно, что в этом случае повышение к. п. д. генератора развертки приобретает очень большое значение.

Так как получить такой большой отклоняющий ток непосредственно в анодной цепи лампы очень трудно, то строчные отклоняющие катушки обычно подключаются к выходной лампе через понижающий трансформатор. Что же касается кадровых отклоняющих катушек, через которые для получения необходимого отклонения электронного луча должен протекать ток сравнительно небольшой величины, то они могут быть включены в анодную цепь выходной лампы или непосредственно или через автотрансформатор.

Рассмотренный выше генератор пилообразного тока относится к классу генераторов с независимым возбуждением, т. е. таких генераторов, на сетку лампы которых подается внешнее управляющее напряжение. Наряду с этим существуют генераторы пилообразного тока, которые можно отнести к категории генераторов с самовозбуждением, известные в телевизионной приемной технике под названием генераторов пилообразного тока или просто генераторов тока.

Принципиальная схема генератора тока по своему внешнему виду мало чем отличается от схемы рассмотренного ранее блокинг-генератора. Основное отличие ее от схемы

блокинг-генератора заключается в более высоком качестве анодного и сеточного контуров и в значительно более сильной связи между анодной и сеточной обмотками применяемого в схеме трансформатора.

В генераторе тока, используемом преимущественно для целей строчной развертки, необходимый пилообразный ток получается при помощи только одной лампы, что, несомненно, сильно упрощает схему телевизора и несколько уменьшает величину потребляемой им мощности питания. Однако опыт использования таких генераторов показал, что в ней очень трудно получить достаточно линейное изменение пилообразного тока и, кроме того, лампа генератора работает в чрезвычайно тяжелом режиме. Другим серьезным недостатком генератора тока является сильная зависимость между регулировками частоты генерируемого полиообразного напряжения и величиной отклонения, а также зависимость величины отклонения от средней яркости свечения экрана трубки. По этим причинам генераторы пилообразного тока с самовозбуждением широкого распространения не получили.

В заключение следует отметить, что положительный всплеск напряжения в анодной цепи выходной лампы генератора строчной развертки во время обратного хода имеет очень большую величину и может достигать 5—6 *кв* и более. Как будет показано дальше, это обстоятельство обычно используется для получения высокого ускоряющего напряжения, подаваемого на второй анод приемной трубки.

СОГЛАСОВАНИЕ РАЗВЕРТОК

Для того чтобы на экране приемной трубки можно было действительно воспроизвести передаваемое изображение, перемещение электронного луча по экрану должно быть строго согласовано с движением луча по мозаике передающей трубки. При приеме сигнала, полученного в передающей трубке от какой-либо точки передаваемого изображения, электронный луч в приемной трубке должен в этот момент засвечивать такую же точку на ее экране.

Такое согласование требует:

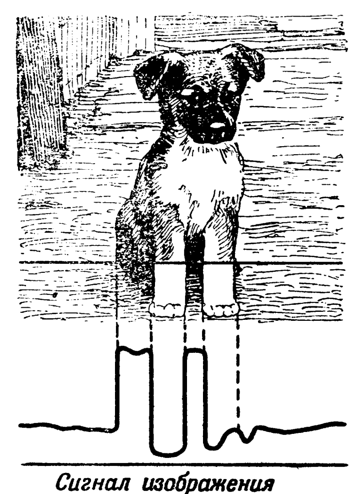
1) чтобы время развертки каждой строки в телевизионном приемнике было в точности равно времени развертки этой же строки в телевизионном передатчике;

2) чтобы время, занимаемое разверткой всех строк каждого полукадра на экране приемной трубки, было строго

одинаковым со временем передачи строк этого полукадра в передающей трубке;

3) чтобы начало прямого хода развертки каждой строки в телевизионном приемнике совпадало с моментом подачи на управляющий электрод приемной трубки электрического сигнала, полученного от первого элемента изображения этой же строки на мозаике передающей трубки.

Необходимая согласованность движений электронных лучей в приемной и передающей трубках достигается тем, что передатчик посылает вместе с сигналом изображения специальные импульсные сигналы, указывающие моменты перехода от строки к строке и от полукадра к полукадру. Передача этих сигналов производится во время обратного хода соответствующей развертки, когда сигнал изображения отсутствует.

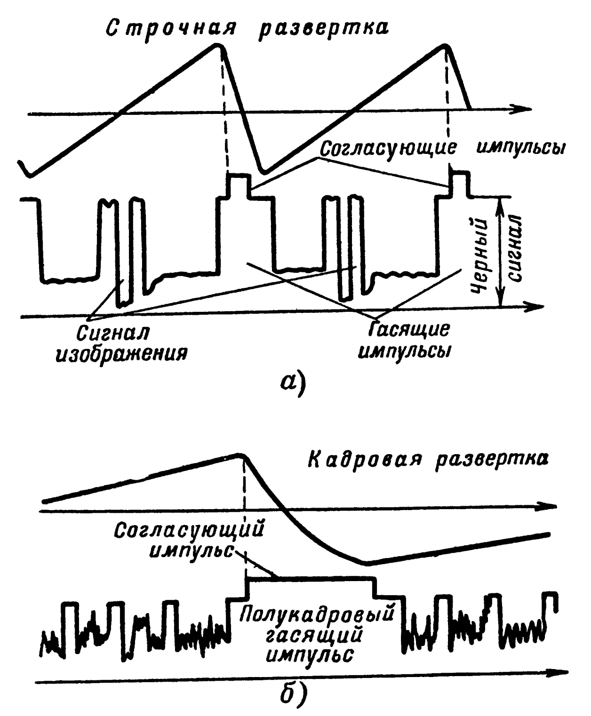


Фиг. 35. Форма сигнала изображения при развертке одной строки.

Электрический сигнал изображения, полученный при развертке одной строки, показан на фиг. 35. Этот сигнал меняется во времени так, что наибольшая его величина соответствует самому черному месту передаваемого изображения. В тот момент, когда заканчивается передача сигнала от данной строки изображения, в телевизионный сигнал замешивается специальный сигнал, носящий название гасящего импульса. Такой сигнал имеет форму почти прямоугольного импульса, длительность которого несколько больше времени обратного хода строчной развертки, амплитуда равна величине сигнала, получаемого от самого черного места передаваемого изображения (фиг. 36,*а*). Гасящий импульс, поступая на управляющий электрод приемной трубки, препятствует попаданию электронного потока на ее экран во время обратного хода строчной развертки («гасит» электронный луч), и поэтому моменты перехода электронного луча от конца одной строки к началу другой остаются незаметными для глаза наблюдателя.

В телевизионной технике принято говорить, что строчные гасящие импульсы, которые иногда называют еще строчными подставками, передаются на уровне черного.

Точно такие же по назначению и форме, но значительно увеличенные по длительности гасящие импульсы передают-

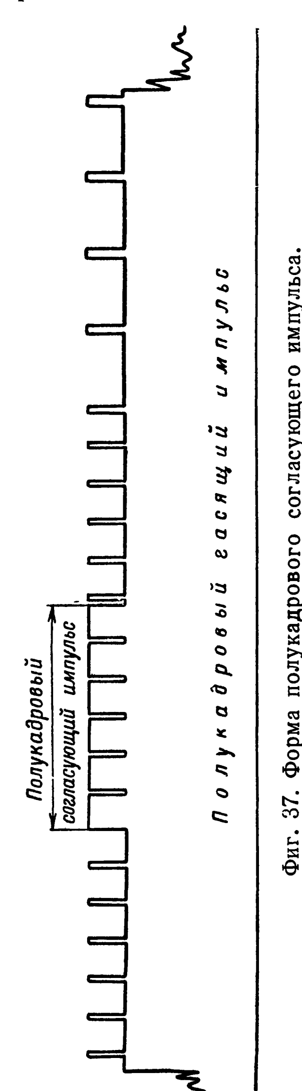


Фиг. 36. Согласующие импульсы и их местоположение в телевизионном сигнале.

ся в промежутках между каждыми соседними полукадрами (фиг. 36,*б*). Увеличение длительности полукадровых гасящих импульсов обусловлено тем, что время обратного хода электронного луча при смене полукадров значительно больше времени смены строк: оно занимает несколько строк развертки.

Во время передачи гасящих импульсов передаются также и специальные согласующие импульсы, служащие для согласования движения электронного луча по экрану приемной трубки с движением луча в трубке передатчика:

гасящие импульсы служат для согласующих сигналов своего рода подставкой или пьедесталом. Эти согласующие сигналы, представляющие собой также почти прямоугольные импульсы, по длительности несколько меньше гасящих импульсов и имеют бóльшую, чем эти импульсы, величину. Так как электрический сигнал такой величины можно было бы получить только от такого изображения, которое чернее, чем черное, то принято говорить, что согласующие импульсы передаются на уровне «чернее черного».



Фиг. 37. Форма полукадрового согласующего импульса.

Полукадровый согласующий импульс всегда больше по длительности, чем строчный согласующий импульс, примерно во столько раз, во сколько время передачи полукадрового гасящего импульса превосходит время действия строчного импульса такого же назначения.

При использовании чересстрочной развертки требуется, чтобы передача нечетного полукадра заканчивалась на половине строки, а передача четного — на полной строке. Это означает, что строчные согласующие импульсы должны обеспечить управление генератором строчной развертки в телевизионном приемнике с точностью до половины строки и это требование определяет форму современного полукадрового согласующего импульса, показанного на фиг. 37.

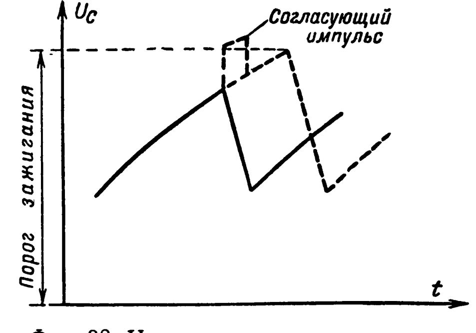
На фиг. 37 видно, что перед полукадровым согласующим импульсом в передней части его гасящего импульса располагаются короткие импульсные сигналы, отстоящие один от другого на величину, равную половине одной строки. Эти сигналы управляют работой генератора строчной развертки в телевизионном приемнике в течение времени от начала передачи

гасящего полукадрового импульса до начала передачи согласующего полукадрового импульса.

На той же фиг. 37 видно, что сам согласующий полукадровый импульс также прорезан через интервалы времени, равные времени развертки половины строки, и эти прорезы в полукадровом согласующем импульсе служат для управления работой генератора строчной развертки во время передачи кадрового согласующего импульса. По окончании передачи полукадрового согласующего импульса на его подставке также помещаются сначала полустрочные и затем строчные согласующие импульсы, в результате чего обеспечивается непрерывное управление генератором строчной развертки в телевизионном приемнике и его работа происходит в полном соответствии с установленным порядком развертки изображения.

ОТДЕЛЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ СОГЛАСУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Строчный или полукадровый согласующий импульс, поступив на соответствующий генератор развертки в телевизионном приемнике, должен прервать данную строку или данный полукадр и заставить электронный луч перейти к развертке следующей строки или следующего полукадра.



Фиг. 38. Иллюстрация процесса синхронизации генератора с тиратроном.

В чем заключается действие согласующего импульса на тот или иной генератор развертки?

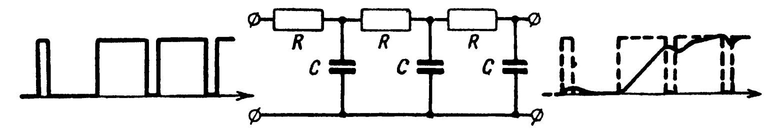
В схеме генератора пилообразного напряжения с тиратроном окончание прямого хода происходит в тот момент, когда напряжение на аноде тиратрона становится равным его порогу зажигания при данной величине запирающего отрицательного напряжения на его сетке.

Предположим, что раньше, чем напряжение на зарядном конденсаторе станет достаточным для зажигания тиратрона, на сетку тиратрона будет подан согласующий импульс в положительной полярности (фиг. 38). Запирающее напряжение на сетке тиратрона резко упадет, порог зажига-

ния станет меньше напряжения на аноде, тиратрон загорится и прямой ход пилообразного напряжения сменится его обратным ходом.

Такой же положительный согласующий импульс, поданный на сетку блокинг-генератора, оборвет медленный процесс разряда конденсатора, включенного в его сеточную цепь, и вызовет возникновение очередного положительного всплеска ранее, чем этот всплеск появился бы при отсутствии действия со стороны согласующего импульса.

Результат действия согласующих импульсов одинаков для всех схем генераторов развертки и состоит в том, что прямой ход развертывающего тока или напряжения заканчивается в момент прихода согласующего импульса. Основным условием, при котором возможно управление генераторами развертки при помощи согласующих импульсов, является то, что собственная частота генератора в свободном состоянии должна быть всегда меньше, чем частота повторения согласующих импульсов.



Фиг. 39. Схема и работа накопительной цепи.

Способы отделения согласующих импульсов от общего сигнала изображения основываются на том, что согласующие импульсы по своей величине всегда больше самого большого сигнала изображения. Поэтому любая схема, способная пропускать только те сигналы, величина которых превосходит некоторое заранее установленное значение, может быть с успехом использована для этой цели.

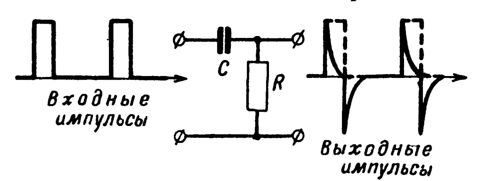
Для разделения строчных и полукадровых согласующих импульсов между собой используется их значительное различие в длительностях, которое имеет место даже в том случае, когда полукадровый согласующий импульс прорезан через половину строки, как это делается при чересстрочной развертке.

Для выделения полукадровых согласующих импульсов обычно используются так называемые накопительные цепи. Одна из таких цепей показана на фиг. 39.

Накопительная цепь содержит несколько одинаковых звеньев, состоящих из емкостей и сопротивлений, соединен-

ных последовательно одно за другим. В момент подачи на такую цепь импульсного напряжения начинается интенсивный заряд емкости C первого звена, так как его сопротивление R в этот момент значительно меньше сопротивления следующего звена цепи. Следовательно, в первое время действия импульса вся его энергия будет поглощаться емкостью первого звена цепи. По мере накопления заряда на емкости первого звена все бо́льшая и бо́льшая часть приложенной импульсной энергии будет поступать в емкость второго звена. Затем постепенно увеличивающаяся часть этой энергии начнет заряжать емкость третьего звена и т. д.

Если действие импульсного сигнала ограничено небольшим промежутком времени, как это имеет место при подаче на накопительную цепь строчных согласующих импульсов, то на выходе цепи не успевает развиться сколько-нибудь заметное напряжение и поэтому можно считать, что вполне соответствует действительности, что строчные согласующие импульсы через накопительную цепь не проходят. При поступлении же на вход цепи кадрового согласующего импульса, действующего на нее значительно большее время, на выходе цепи накапливается импульсный сигнал достаточно большой амплитуды и этот сигнал подается затем на задающую часть схемы генератора кадровой развертки.



Фиг. 40. Схема и работа обостряющей цепи.

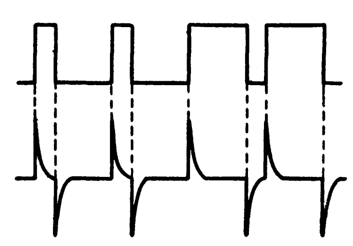
Форма и величина строчных и полукадровых согласующих импульсов на выходе накопительной цепи показаны на фиг. 39.

Одним из наиболее простых и часто применяемых способов выделения строчных согласующих импульсов является применение так называемых обостряющих или дифференцирующих цепей. Такая цепь, показанная на фиг. 40, состоит из последовательно соединенных емкости и сопротивления и действие ее заключается в следующем.

Когда в цепь поступает импульсный сигнал, то начинается быстрый заряд конденсатора C, по цепи протекает большой ток и на сопротивлении R возникает падение напряжения, величина которого в начальный момент практически равна амплитуде приложенного импульсного напря-

жения. По мере того, как на конденсаторе накапливается заряд, ток через цепь уменьшается, соответственно чему все меньшим и меньшим становится и падение напряжения на сопротивлении цепи. К моменту, когда напряжение на емкости становится практически равным напряжению приложенного импульсного сигнала, ток в цепи прекращается и напряжение на сопротивлении становится равным нулю.

Такое состояние равновесия сохраняется до тех пор, пока не прекратится действие импульсного сигнала, независимо от его длительности. В момент исчезновения импульсного сигнала начинается постепенно замедляющийся разряд емкости, в результате чего на сопротивлении возникает такое же по форме падение напряжения, но противоположного знака, так как токи заряда и разряда емкости протекают в противоположных направлениях.



Фиг. 41. Форма импульсов на выходе обостряющей цепи при подаче на ее вход строчных и полукадровых согласующих импульсов.

Таким образом, при подаче на дифференцирующую цепь импульсного сигнала прямоугольной формы на ее выходе появляются два коротких импульса: положительный — в начале действия этого сигнала и отрицательный — в момент его исчезновения. Величина и форма этих обостренных импульсов от длительности приложенного импульса не зависит и определяется только его амплитудой и постоянной времени дифференцирующей цепи, т. е. величиной произведения ее емкости и сопротивления.

Вид обостренных импульсов, получаемых на выходе дифференцирующей цепи при поступлении на ее вход строчных и полукадровых согласующих импульсов, показан на фиг. 41. Можно заметить, что каждый строчный согласующий импульс независимо от того, поступает ли он в промежутке между двумя строками, или передается во время кадровой подставки или кадрового согласующего импульса, создает своим началом кратковременный всплеск напряжения и такой же по форме, но отрицательный всплеск напряжения возникает при его окончании.

Весь этот сложный комплекс коротких импульсных сигналов поступает в схему генератора строчной развертки. Импульсы, чередующиеся через строку, управляют работой

генератора и обеспечивают согласованность его работы с работой соответствующего генератора развертки в схеме телевизионного передатчика. Те же импульсы, которые приходят через половину строки, поступают на генератор строчной развертки слишком рано и не оказывают на его работу какого-либо заметного влияния.

ЗВУКОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

Высокое качество изображения, обеспечиваемое современной телевизионной техникой, требует и соответствующего качества звука, сопровождающего телевизионную передачу.

Одним из основных технических показателей качества звука при радиопередаче являются полоса передаваемых и принимаемых звуковых частот и уровень шумового сигнала по сравнению с полезным сигналом. Чем больше полоса частот, содержащихся в звуковом сигнале, тем больше естественности в звуке, воспроизводимом громкоговорителем приемника. Точно так же, чем меньше в этом сигнале тех или иных сигналов помех, тем чище звук и тем приятнее создаваемое им впечатление.

Для того чтобы обеспечить возможно более высокое качество звукового сопровождения, передача звуковых сигналов, сопровождающих телевизионную передачу, производится в настоящее время при помощи так называемой частотной модуляции, и для этой цели используются волны того же диапазона, что и для передачи сигналов изображения. В большинстве случаев для упрощения схемы телевизионного приемника несущая частота сигналов звукового сопровождения располагается в непосредственной близости от несущей частоты сигналов изображения на вполне определенном, строго фиксированном от нее расстоянии. По стандарту телевизионного вещания несущая частота сигналов звукового сопровождения располагается выше на 6,5 *мггц* несущей частоты сигналов изображения.

Основным преимуществом частотной модуляции по сравнению с так называемой амплитудной модуляцией, применяемой в подавляющем большинстве случаев обычного звукового радиовещания, является возможность получения значительно большего отношения полезного сигнала к сигналам от внутренних шумов приемника и к сигналам от различных внешних помех, даже при более широкой полосе пропускания приемного тракта.

Приемник частотномодулированных колебаний отличается от приемника амплитудномодулированных колебаний более широкой полосой пропускания. Так, если при приеме амплитудномодулированных сигналов при звуковой радиопередаче полоса пропускания всего тракта приемника может не превышать 10—15 *кгц*, то при передаче этих сигналов при помощи частотной модуляции полоса пропускания должна быть расширена до 120—150 *кгц*. Однако такое большое расширение полосы пропускания по каналу звукового сопровождения при использовании частотной модуляции отражается только на самом приемнике звуковых колебаний и ни в какой мере не усложняет приемника сигнала изображения, так как полоса частот в 150 *кгц* составляет очень малую долю от общей полосы пропускания телевизионного тракта.

Несколько более высокие требования при приеме частотномодулированных колебаний предъявляются к гетеродину в отношении стабильности его частоты. Повышение требований вызывается тем, что колебания частоты гетеродина, не замечаемые обычно при приеме амплитудномодулированных колебаний, при частотной модуляции могут исказить закон изменения промежуточной частоты и тем ухудшить качество воспроизводимого в телевизоре звука.

К усилителю высокой несущей частоты, смесителю, гетеродину и усилителю промежуточной частоты приемника частотномодулированных колебаний не предъявляется каких-либо специальных требований, кроме более широкой полосы пропускания, по сравнению с обычными приемниками амплитудномодулированных колебаний. Различие требований к обоим этим приемникам начинается с последующих цепей приемного тракта.

Следующим элементом схемы приемника частотномодулированных колебаний после усилителя промежуточной частоты являются о г р а н и ч и т е л ь и ч а с т о т н ы й д е т е к т о р (дискриминатор).

Назначением частотного детектора является преобразование частотномодулированного сигнала промежуточной частоты в амплитудное изменение звукового сигнала, подаваемого затем после соответствующего усиления на громкоговоритель. Однако оказывается, что при любой частотной модуляции всегда имеет место и паразитная амплитудная модуляция, пропускание которой через звуковой тракт телевизора может явиться источником дополнительных иска-

жений. Поэтому в приемник частотномодулированных колебаний между усилителем промежуточной частоты и частотным детектором ставится так называемый ограничитель, назначением которого является устранение паразитной амплитудной модуляции напряжения, подводимого к частотному детектору. Механизм работы ограничителя ясен из фиг. 42.

После ограничителя частотномодулированные колебания промежуточной частоты, имеющие постоянную амплитуду,



Фиг. 42. Принцип работы ограничителя.

поступают на частотный детектор. На практике наибольшее применение находят двухтактные частотные детекторы, объединяющие в себе как функции преобразования частотной модуляции сигнала промежуточной частоты в соответствующую амплитудную модуляцию, так и детектирование полученных амплитудномодулированных колебаний.

С выхода детектора полученный сигнал подается на усилитель низкой частоты и затем на громкоговоритель.

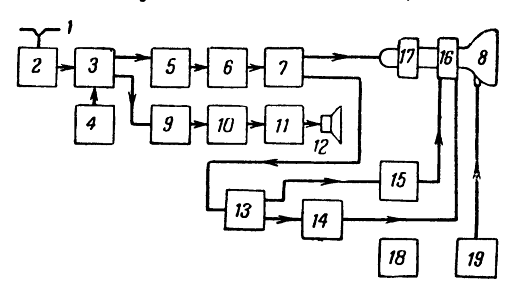
СХЕМА ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

Для приема сигналов изображения могут быть использованы как приемник прямого усиления, так и приемник, построенный по супергетеродинной схеме. По ряду причин, к числу которых в первую очередь относятся возможность получения более высокй чувствительности и заметное упрощение схемы и конструкции приемника, если последний предназначается для приема нескольких телевизионных программ, чаще применяется супергетеродинный приемник.

Блок-схема супергетеродинного приемника показана на фиг. 43.

Антенна. Наиболее простой и часто применяемой телевизионной антенной является так называемый полуволновой вибратор, устройство которого показано на фиг. 44. Антенна устанавливается, как правило, на крыше здания на высоте от нее в 4—6 *м*.

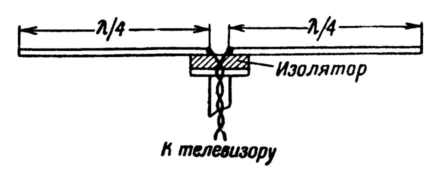
Такая антенна имеет наибольшую чувствительность к приходящим сигналам в том случае, если они приходят с направления, перпендикулярного ее оси. По этой причине антенна должна устанавливаться так, чтобы ее ось со-



Фиг. 43. Блок-схема супергетеродинного телевизионного приемника.
1 — антенна; *2* — усилитель высокой частоты; *3* — смеситель; *4* — гетеродин; *5*—усилитель промежуточной частоты изображения; *6* — детектор сигналов изображения; *7* — усилитель видеочастоты; *8* — кинескоп; *9* — усилитель промежуточной частоты звука; *10* — частотный детектор; *11* — усилитель низкой частоты; *12* — громкоговоритель; *13* — отделитель согласующих импульсов; *14* — генератор строчной развертки; *15* — генератор кадровой развертки; *16* — отклоняющие катушки; *17* — фокусирующая катушка; *18* — выпрямитель; *19*—высоковольтный выпрямитель.

ставляла прямой угол с направлением на антенну передающего телевизионного центра.

В том случае, когда желательно увеличить силу принимаемого сигнала (например при приеме на больших расстояниях) или уменьшить прием мешающих сигналов, приходящих с других направлений, используются более сложные, так называемые направленные антенны, состоящие из нескольких вибраторов. Один из вибраторов несколько большей длины, чем основной вибратор, ставится позади основного вибратора на расстоянии, несколько большем четверти длины волны. Этот вибратор называется **рефлектором**. Другие, один или несколько таких же вибраторов, длина которых незначительно меньше длины основного вибратора, ставятся впереди его и называются **директорами**.

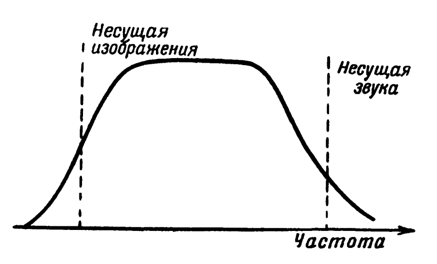


Фиг. 44. Устройство простейшей телевизионной антенны.

Усилитель высокой частоты. Для повышения чувствительности телевизионного приемника и устранения возмож-

ности приема сигналов от соседних телевизионных станций применяется усилитель высокой частоты. Обычно такой усилитель, гетеродин и смеситель телевизионного приемника являются общими для приема сигналов изображения и сигналов звукового сопровождения, так как их несущие частоты расположены близко между собой и на вполне определенном частотном расстоянии. Частотная характеристика усилителя высокой частоты, т. е. зависимость величины усиления сигнала от его частоты, имеет в этом случае вид, показанный на фиг. 45.

Усилитель высокой частоты может иметь один или несколько каскадов. В настоящее время не представляет каких-либо технических или практических трудностей, например, создать пяти-шестикаскадный усилитель высокой частоты с коэффициентом усиления в 3 000—5 000 и сделать его достаточно малых размеров, особенно, если пользоваться лампами пальчиковой серии. Усилитель может быть выполнен или на одиночных расстроенных контурах, или на полосовых фильтрах, или на той или иной их комбинации.



Фиг. 45. Частотная характеристика усилителя высокой частоты телевизионного приемника.

Смеситель и гетеродин. По назначению и принципу действия смеситель и гетеродин телевизионного приемника ничем не отличаются от смесителя и гетеродина обычного радиовещательного приемника (единственное отличие заключается в более высокой промежуточной частоте и в более широкой полосе пропускания).

Для точной подстройки частоты гетеродина в его контуре обычно используется подстроечный конденсатор, ось которого выводится на лицевую панель телевизионного приемника.

Усилитель промежуточной частоты сигналов изображения. Как уже было указано ранее, по нашему телевизионному стандарту передача сигналов изображения производится при помощи верхней боковой полосы, и несущая частота сигналов звукового сопровождения располагается выше несущей частоты сигналов изображения. Так, для передавае-

мой в настоящее время первой телевизионной программы несущая частота сигналов изображения равна 49,75 *мггц*, а несущая частота сигналов звукового сопровождения располагается выше ее на 6,5 *мггц* и составляет, таким образом, 56,25 *мггц*.

В общем случае частота гетеродина может быть выбрана как ниже, так и выше несущих частот.

Предположим, что частота гетеродина выбрана ниже несущей частоты сигналов изображения. Так как полоса пропускания усилителя промежуточной частоты достаточно широка и должна быть не менее 5—5,5 *мггц*, то промежуточная частота сигнала изображения должна быть не менее 12—15 *мггц*, так как иначе сильно затрудняются как условия получения необходимой полосы пропускания, так и условия разделения частот после детектора.

Пусть промежуточная частота сигналов изображения составляет 15 *мггц*. Тогда частота гетеродина, равная разности несущей частоты и промежуточной частоты, будет 49,75 — 15 = 34,5 *мггц*. Соответственно этому промежуточная частота сигналов звукового сопровождения должна будет составлять 56,25 — 34,5 = 21,5 *мггц*.

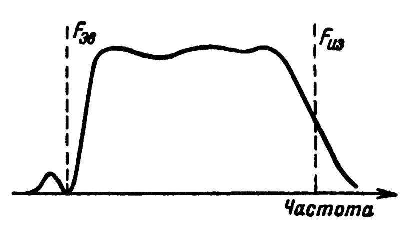
С другой стороны, для того чтобы не пропустить сигнал изображения в звуковой канал и обеспечить чистый прием звукового сигнала, полоса пропускания усилителя промежуточной частоты звука не должна превышать 0,25—0,3 *мггц*. Это значит, что контуры усилителя промежуточной частоты звука при величине самой промежуточной частоты, равной 21,5 *мггц*, должны иметь очень высокую добротность (порядка 1%) и настройка усилителя должна быть очень стабильной. Удовлетворить обоим этим требованиям практически чрезвычайно трудно, и поэтому обычно частота гетеродина выбирается выше несущих частот изображения и звука.

Кроме того, легко заметить, что при низкой промежуточной частоте гетеродина вторая ее гармоника, равная 49,5 *мггц*, может пройти через усилитель высокой частоты и явится причиной искажения принимаемого изображения.

Если при выборе частоты гетеродина выше несущих частот сигналов изображения и звука промежуточную частоту сигналов изображения взять попрежнему равной 15 *мггц*, то частота гетеродина будет равна 49,75+15=64,75 *мггц*. Промежуточная частота сигналов звукового сопровождения будет в этом случае составлять 64,75—56,25=8,5 *мггц*.

Обычно частотная характеристика усилителя промежуточной частоты сигналов изображения не обрывается резко за пределами полосы пропускания, а спускается достаточно полого. Это значит, что усиливаться будут не только сигналы изображения, но заметному усилению могут подвергнуться и сигналы звукового сопровождения, которые, попав на управляющий электрод трубки, могут сильно исказить принимаемое изображение.

Для того чтобы устранить возможность попадания сигналов звукового сопровождения в канал сигналов изображения, в схему усилителя промежуточной частоты сигналов изображения включается специальный отсасывающий фильтр, препятствующий прохождению звуковых сигналов в канал изображения. Этот фильтр, представляющий собой колебательный контур, настраивается на промежуточную частоту сигналов звукового сопровождения и, отсасывая колебания этой частоты из канала изображения, не пропускает их на управляющий электрод приемной трубки. Иногда при более широкой полосе пропускания усилителя промежуточной частоты сигналов изображения (например, в приемниках высших классов) одновременно применяются два или больше фильтров, включаемых обычно в разные участки усилителя промежуточной частоты.



Фиг. 46. Частотная характеристика усилителя промежуточной частоты сигнала изображения.

Типичная частотная характеристика усилителя промежуточной частоты сигнала изображения с применением отсасывающего фильтра показана на фиг. 46.

В анодную цепь смесителя обычно включается обмотка связи смесителя с усилителем промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения, при помощи которой сигнал звукового сопровождения подается на соответствующий каскад усиления.

Детектор и выходной усилитель сигналов изображения. Детектор сигналов изображения собирается большей частью по схеме диодного детектирования, подобной обычным схемам диодных детекторов, используемых в радиовещательных приемниках. Однако поскольку полоса частот телевизион-

ного приемника в сотни раз шире полосы частот радиовещательного приемника, нагрузочное сопротивление диодного детектора берется в сотни раз меньшим. Вместо ламповых диодов в настоящее время нередко применяются германиевые диоды.

Выходной усилитель сигналов изображения благодаря широкой полосе частот усиливаемого напряжения требует определенной коррекции (подъема) частотной характеристики в области верхних усиливаемых частот.

Сигнал изображения снимается с анодной нагрузки выходного усилителя и подается на управляющий электрод приемной трубки.

Отделитель согласующих импульсов. С анодной нагрузки выходного усилителя сигналов изображения часть сигнала поступает на вход отделителя согласующих импульсов (от всего остального сигнала изображения), а из анодной цепи отделителя выделенные согласующие импульсы подводятся через дифференцирующую и накопительную цепи к соответствующим генераторам развертки.

Генератор кадровой развертки. Генератор может работать на двойном триоде и совмещать в себе блокинг-генератор и разрядную лампу. Пилообразное напряжение, создаваемое этим генератором, подается на сетку выходной лампы кадровой развертки. В анодную цепь последней включаются кадровые отклоняющие катушки.

Генератор строчной развертки. Это устройство включает в себя блокинг-генератор, разрядную лампу и выходной каскад.

Для устранения паразитных колебаний, возникающих в строчных отклоняющих катушках в начале обратного хода пилообразного тока, параллельно катушкам включается диод. Импульсы напряжения, появляющиеся на аноде лампы выходного каскада при обратном ходе, используются для питания анода трубки. Для этой цели применяют экономичный высоковольтный кенотрон, выпрямляющий импульсное напряжение. Таким способом оказывается возможным получать напряжение до 10—12 *кв*.

Усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения и частотный детектор. Усилитель промежуточной частоты состоит из нескольких, большей частью двух, каскадов и может быть собран либо на полосовых фильтрах, либо на одиночных контурах.

Частотный детектор собирается чаще всего по двухтактной схеме.

Усилитель низкой частоты звука ничем не отличается от таких же усилителей, применяемых в обычных радиовещательных приемниках, кроме увеличенной полосы пропускания. Точно так же не предъявляется никаких особых требований к силовому выпрямителю, кроме несколько большей мощности и иногда несколько более высокого выпрямленного напряжения.

ИСКАЖЕНИЯ ПРИНИМАЕМОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Изображение, воспроизведенное на экране трубки телевизионного приемника, всегда будет в той или иной степени и по той или иной причине отличаться от изображения, спроектированного на мозаику передающей трубки. Эти отличия, называемые искажениями принятого изображения, могут быть разделены на следующие группы:

1) искажения, вызываемые неправильностью или неточностью регулировок телевизионного приемника при помощи имеющихся у него органов управления;

2) искажения, вносимые источниками питания телевизионного приемника, т. е. силовым и высоковольтным выпрямителями;

3) искажения, вызываемые неисправностями отдельных элементов схемы телевизионного приемника;

4) нелинейные искажения принятого изображения;

5) геометрические искажения формы растра;

6) искажения, вызываемые отраженным сигналом.

Рассмотрим искажения каждой из этих шести групп в отдельности, опишем их признаки и укажем причины и способы устранения.

1. Искажения принимаемого изображения, вызванные неправильностью регулировок. К этой группе относятся хотя и многочисленные, но наиболее простые нарушения нормального вида принимаемого изображения, возникающие преимущественно в тех случаях, когда настройка телевизионного приемника производится человеком, не имеющим достаточного опыта.

Допустим, что вместо изображения на экране трубки наблюдаются хаотическая смесь наклонных полос, состоящих из различных по оттенку пятен, и пробегающие по этим хаотическим пятнам сверху вниз или снизу вверх неровные черные полосы. Это указывает на полное отсутствие

согласования генераторов строчной и кадровой развертки с работой соответствующих генераторов в телевизионном передатчике. Для получения изображения на экране трубки телевизионного приемника нужно, вращая ручку регулировки частоты строчной развертки, добиться того, чтобы на экране телевизионного приемника появилось изображение, которое будет при этом двигаться по кадру, т. е. по вертикали вверх или вниз с большей или меньшей скоростью. После этого при помощи ручки регулировки частоты генератора кадровой развертки добиться того, чтобы изображение осталось на экране трубки неподвижным.

Если экран трубки телевизионного приемника светится слишком слабо или слишком ярко, то при помощи ручки регулировки яркости можно установить желаемую степень его свечения.

Если контуры изображения расплывчаты и даже при внимательном рассмотрении экрана нельзя заметить отдельных строк развертки, то это значит, что электронный луч не сконцентрирован (не сфокусирован) на поверхности экрана приемной трубки. Поворачивая ручку фокусировки электронного луча, можно получить четкое воспроизведение принимаемого изображения.

Сдвиг изображения на экране приемной трубки в ту или иную сторону, вверх или вниз при электромагнитном способе отклонения электронного луча указывает на то, что через отклоняющие катушки, кроме переменного отклоняющего пилообразного тока, протекает еще и некоторый постоянный ток. От направления и величины этого тока зависят степень и направление сдвига принимаемого изображения относительно его правильного положения по отношению к рамке экрана телевизора. Нормальное положение изображения на экране телевизора может быть восстановлено при помощи ручек регулировки центровки растра. При электростатическом отклонении электронного луча нормальное положение растра на экране приемной трубки достигается при помощи ручек регулировки с тем же названием путем подачи на отклоняющие пластины соответствующих компенсирующих напряжений.

Изображение на экране телевизионного приемника может быть «неподвижно», но на нем могут наблюдаться наклоненные, разорванные по середине белые полосы. Искажение изображения подобного вида является признаком того, что действие полукадрового согласующего импульса

происходит или с некоторым запозданием, или с некоторым опережением, вследствие чего часть строчных перемещений электронного луча во время обратного его хода по полукадру остается непогашенной полукадровым гасящим импульсом. В этом случае требуется регулировка частоты генератора кадровой развертки, которую следует производить путем очень медленного ее изменения при помощи ручки регулировки частоты генератора кадровой развертки.

Если изображение на экране телевизора неподвижно, но справа видна темная вертикальная полоса, а левый край изображения подернут светлой, постепенно исчезающей пленкой, то это означает, что согласующий строчный импульс действует на генератор строчной развертки с большим запозданием, вследствие чего строчный гасящий импульс поступает на электрод приемной трубки раньше, чем начинается обратный ход строчной развертки. Нормальный вид изображения получается путем небольшой регулировки частоты генератора строчной развертки.

Могут быть и такие искажения: принимаемое изображение состоит из черных и белых пятен; в светлых местах изображение сфокусировать не удается; мелкие детали изображения отсутствуют. Все это указывает на слишком сильный принимаемый сигнал изображения. Для получения нормального изображения необходимо уменьшить усиление принимаемого сигнала при помощи ручки регулировки усиления. Часто эта ручка имеет название «контрастность».

Если горизонтальные размеры изображения сжаты (изображение по горизонтали меньше рамки экрана), то причиной этого является недостаточная величина строчного отклоняющего напряжения или строчного отклоняющего тока. В нормально работающем телевизионном приемнике при нормальной величине напряжения питающей электросети этот вид искажения устраняется при помощи ручки регулировки размера по строке.

Причиной сжатия вертикальных размеров изображения (изображение по вертикали меньше рамки экрана) является недостаточный размах кадрового отклоняющего напряжения или кадрового отклоняющего тока. В нормально работающем телевизионном приемнике при нормальных условиях его эксплуатации, это искажение устраняется при помощи ручки регулировки размера по кадру.

Может быть, что вместо одного изображения на экране по вертикали имеются два одинаковых изображения, одно

из которых занимает верхнюю половину экрана, а другое— нижнюю (вертикальный размер обоих изображений в 2 раза меньше нормального, четкость изображения понижена). Это значит, что частота кадровой развертки в телевизионном приемнике в 2 раза ниже нормальной, в результате чего за одно прохождение электронного луча по экрану приемной трубки сверху вниз успевают уложиться два кадра изображения. В этом случае нужно при помощи ручки регулировки частоты кадров соответственно увеличить частоту генератора кадровой развертки.

Два одинаковых изображения, разделенных между собой черной вертикальной полосой, указывают на то, что частота строчной развертки в 2 раза меньше нормальной, в результате чего на одной строке в телевизионном приемнике укладываются две строки развертки изображения в телевизионном передатчике. Устраняется это регулировкой частоты строк.

Все эти искажения принимаемого изображения легко устраняются при помощи ручек регулировки и наблюдаются, как правило, только при первом знакомстве с телевизионным приемником или при настройке его при самостоятельном изготовлении.

2. Искажения, вносимые источниками питания. Возможны случаи, когда на экране телевизора просматриваются две темные, не очень четко очерченные, горизонтальные полосы. Источником такого изменения фона изображения обычно является недостаточно хорошая фильтрация питающего напряжения. Пульсация выпрямленного напряжения с выпрямителя, проникая на управляющую сетку лампы выходного каскада канала изображения или на сетки ламп усилителя промежуточной частоты, попадает, таким образом, на управляющий электрод трубки и вызывает дополнительную модуляцию яркости свечения ее экрана.

Возможно и другое проявление пульсации напряжения силового выпрямителя. Предположим, что эта пульсация попадает на генератор строчной развертки. Когда знак пульсирующего напряжения положительный, суммарное напряжение увеличивается и соответственно увеличивается и отклонение электронного луча по строке развертки. Когда же пульсация имеет отрицательную полярность, отклонение по строке уменьшается. В результате такого периодического колебания величины строчного отклонения края изображения приобретают волнистый характер. В том случае, когда

пульсирующее напряжение попадает одновременно и на усилительные цепи телевизора и на генератор строчной развертки, на экране наблюдается как волнистость вертикальных кромок растра, так и такое же волнистое изменение средней яркости свечения экрана.

В другом случае, когда пульсирующее напряжение попадает, например, в цепь центровки растра по горизонтали, кромки растра также получаются волнистыми, но с тем отличием, что впадине на одной стороне соответствует выпуклость на другой.

В тех случаях, когда для получения высокого ускоряющего напряжения используется высоковольтный выпрямитель напряжения электросети, такого же типа нарушения нормального вида принятого изображения могут быть вызваны пульсацией высокого напряжения. Однако в настоящее время этот способ получения ускоряющего напряжения в схемах телевизионных приемников почти вышел из употребления, и, как правило, напряжение для питания второго анода приемной трубки получают от генератора строчной развертки.

3. Искажения, вызываемые неисправностью отдельных цепей телевизионного приемника. Речь будет идти о таких неисправностях в цепях телевизионного приемника, при которых не исключается возможность приема изображения, хотя и пониженного качества, или о таких, причину которых достаточно просто определить.

А. Изображение на экране телевизионного приемника значительно потеряло контрастность и как бы полиняло. Размеры растра сильно увеличились и вышли за пределы рамок экрана. Сфокусировать развертку почти не удается.

Такой вид изображения на экране телевизионного приемника является первым признаком ненормальной работы высоковольтного выпрямителя, питающего второй анод приемной трубки. В этом случае ускоряющее напряжение по той или иной причине стало меньше нормального, благодаря чему уменьшилась яркость свечения экрана и увеличилось отклонение электронного луча, которое, как известно, тем больше, чем меньше ускоряющее напряжение. Одновременно соотношение между ускоряющим напряжением и фокусирующим напряжением или фокусирующим током (в зависимости от способа фокусировки) изменилось так, что имеющаяся регулировка фокусирующего напряжения или фокусирующего тока не может обеспечить точного совпаде-

ния точки пересечения траектории электронов с поверхностью экрана приемной трубки.

Первой мерой, которую следует принять в этом случае, является последовательная замена лампы высоковольтного выпрямителя и выходной лампы строчной развертки. Если замена ламп не помогает, то необходима более тщательная проверка режима работы всей схемы генератора строчной развертки.

Б. Регулировка частоты гетеродина не позволяет получить одновременно нормальное качество звука и изображения. Нормальный звук и изображение получаются лишь при разных положениях ручки настройки частоты гетеродина.

Такое явление указывает на расстройку усилителя промежуточной частоты звукового сопровождения. В этом случае правильная настройка гетеродина на прием сигналом изображения не совпадает с правильной настройкой на прием сигналов звукового сопровождения. При наличии такого явления необходима подстройка каналов промежуточной частоты.

В. Останавливаясь на небольшое время, изображение начинает передвигаться по вертикали снизу вверх или сверху вниз либо перекашивается в ту или иную сторону и вообще производит впечатление неустойчивости. Остановить изображение на экране при помощи ручек регулировки не удается.

Это происходит в тех случаях, когда нарушается нормальная работа схемы отделения или разделения согласующих импульсов, которые или совсем не поступают на соответствующие генераторы развертки, или поступают на них нерегулярно. Генераторы строчной и кадровой разверток в этом случае остаются без управления, и согласованность движения электронного луча в трубке телевизионного приемника с движением развертывающего луча в передающей трубке непрерывно нарушается.

Г. Углы растра на экране трубки телевизионного приемника закруглены.

Если такое явление ранее отсутствовало, то причиной является сдвиг отклоняющих катушек к электронному прожектору. Для устранения этого нужно подвинуть отклоняющие катушки вплотную к раструбу трубки.

4. Нелинейные искажения. К этой группе искажений изображения, воспроизводимого на экране трубки телевизионного приемника, относятся все случаи, когда наблю-

дается изменение нормальных соотношений между линейными размерами отдельных частей принятого изображения по сравнению с соотношением этих частей в изображении на мозаике передающей трубки.

Нелинейные искажения принимаемого изображения могут иметь место как в строчной, так и в кадровой развертке. В соответствии с этим различаются нелинейные искажения по горизонтали или по строке и нелинейные искажения по вертикали или по кадру.

В телевизионном передатчике скорость движения электронного луча по строке и скорость перемещения его по кадру всегда строго постоянны. В телевизионном же приемнике эти скорости могут оказаться по тем или иным причинам переменными вдоль строки или вдоль кадра.

Предположим, что время, занимаемое в телевизионном приемнике разверткой каждой данной строки, в точности одинаково с временем развертки этой же строки на мозаике передающей трубки, но электронный луч перемещается по экрану трубки телевизионного приемника не с постоянной, а с переменной скоростью.

Пусть в начале строки электронный луч двигается по экрану приемной трубки быстрее, чем луч на мозаике трубки передатчика, а в конце строки медленнее. Это значит, что детали передаваемого изображения, находящиеся в левой части передаваемой сцены, окажутся на экране приемной трубки растянутыми по своим размерам, а детали, расположенные в правой части сцены, будут по своим размерам сжаты. Если различие в скоростях движения электронных лучей в приемной и передающей трубках в начале и в конце строки невелико, то такое изменение горизонтальных размеров изображения, воспроизведенного на экране телевизионного приемника, может оказаться для зрителя незаметным. При значительном же различии в скоростях движения луча по строке это изменение может сильно исказить впечатление от принятого изображения.

В телевизионных приемниках степень нелинейности изображения, воспроизводимого на их экране, зависит от примененной схемы, качества изготовления генераторов развертки и тщательности их настройки и регулировки.

Все сказанное выше о генераторе строчной развертки в равной степени относится и к генераторам развертки по кадру.

5. Геометрические искажения формы растра. При электромагнитном отклонении электронного луча нередки случаи, когда растр на экране телевизионного приемника имеет форму трапеции. Особенно часто такое явление наблюдается при самостоятельном изготовлении отклоняющих катушек.

Причиной такого искажения формы растра является неодинаковость обеих половин соответствующих отклоняющих катушек. Если, например, число витков в верхней половине строчных отклоняющих катушек будет меньше, чем в нижней, то электромагнитное поле около этой катушки будет также слабее и соответственно уменьшится и величина отклонения электронного луча в верхней части экрана. При разном числе витков в половинах кадровых отклоняющих катушек соответственно различным будет и отклонение электронного луча в той или иной части экрана.

В ряде случаев можно наблюдать растр, имеющий ромбообразную форму. Такая форма растра на экране телевизионного приемника имеет место в том случае, когда кадровые и строчные отклоняющие катушки (при электромагнитном способе отклонения электронного луча) или кадровые и строчные отклоняющие пластины (при электростатическом способе отклонения электронного луча) расположены не строго перпендикулярно одни по отношению к другим. При электромагнитном отклонении электронного луча для устранения такого дефекта достаточно разобрать и снова правильно собрать отклоняющую систему. При электростатическом же отклонении электронного луча необходимо сменить приемную трубку.

В трубках с небольшим экраном при электромагнитном способе отклонения электронного луча края растра иногда получаются выпуклыми и весь растр имеет форму бочонка. Такая форма растра вызывается наличием больших полей рассеяния силовых линий отклоняющего поля у соответствующих отклоняющих катушек. Эти силовые линии не проходят через горло трубки для образования нормального отклоняющего поля, а замыкаются вокруг данной половины катушки и тормозят отклонение электронного луча по углам растра, где электронный луч ближе подходит к отклоняющей системе. Для улучшения формы растра необходимо усилить экранирование отклоняющей системы со стороны экрана трубки.

В коротких трубках с большим плоским экраном растр может иметь форму туго набитой подушки. Одним из способов устранения подобного вида искажения формы растра является увеличение полей рассеяния отклоняющего электромагнитного поля. При большой величине таких искажений можно рекомендовать применение катушки индуктивности, расположенной на раструбе трубки, через которую пропускается постоянный электрический ток. Величина такого корректирующего тока подбирается экспериментально в каждом отдельном случае.

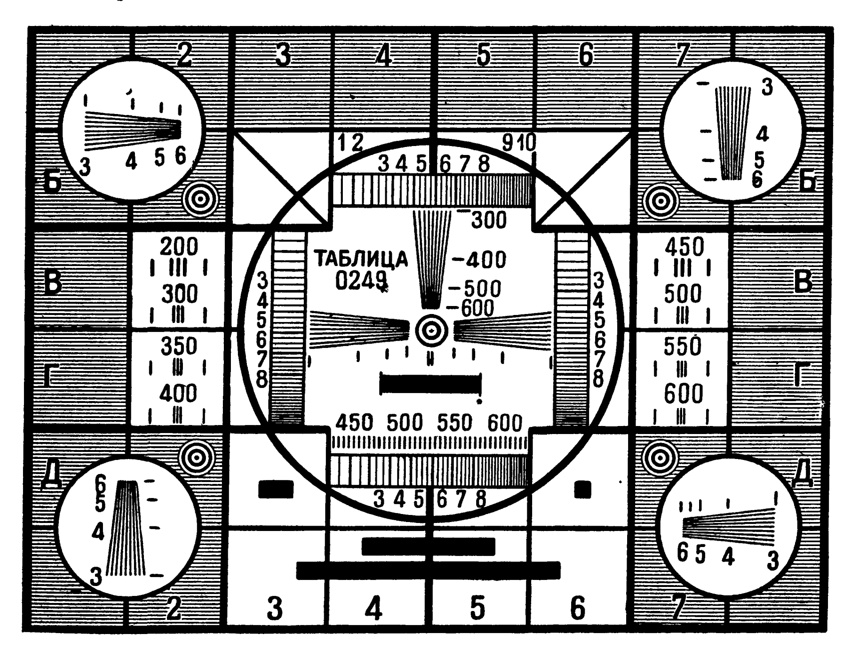
6. Искажения, вызываемые отраженным сигналом. Широко распространенным является случай, когда на экране телевизионного приемника, кроме основного изображения, наблюдается еще одно или несколько более бледных изображений, сдвинутых относительно основного изображения в правую сторону. Такие дополнительные изображения вызываются наличием отраженных сигналов, появление которых объясняется двумя причинами.

В одном случае отраженные сигналы могут появиться в самом кабеле, например в месте присоединения его к телевизору. При этом часть энергии принятого сигнала изображения отразится от входной цепи и вернется к антенне, а затем, отразившись от антенны, вновь подойдет к входной цепи телевизионного приемника и частично попадет в приемный тракт. Этот дважды отразившийся сигнал (от входа приемника и от его антенны) придет позже основного сигнала на определенное время, что и вызовет появление на экране второго изображения, сдвинутого относительно первого.

Другим, более частым источником отраженного сигнала могут явиться высокие здания, находящиеся на не очень больших расстояниях от антенны телевизионного приемника. В этом случае к приемной антенне могут прийти не только сигналы, дошедшие до нее прямым путем, но и сигналы, отразившиеся от этих высоких зданий или других достаточно возвышающихся предметов. Отраженные сигналы пройдут более длинный путь и поэтому создадут на приемном экране изображение, несколько отстающее от изображения, созданного основным сигналом. В большинстве таких случаев отраженный сигнал удается заметно ослабить или совсем устранить изменением ориентации приемной антенны или путем применения достаточно остро направленных антенн.

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

Для предварительной настройки телевизионного приемника при помощи имеющихся у него ручек регулировки и для оценки качества изображения, воспроизводимого на его экране, служит так называемая испытательная таблица, передаваемая телевизионной станцией перед началом



Фиг. 47. Испытательная таблица.

каждого телевизионного сеанса. Испытательная таблица показана на фиг. 47.

Не останавливаясь на таких регулировках телевизионного приемника, как установка нормальных размеров и нормального положения изображения на приемном экране, а также на регулировке средней яркости и фокусировки, рассмотрим способы оценки по испытательной таблице таких основных параметров воспроизводимого изображения, как его четкость, контрастность и линейность.

Четкость. Четкость воспроизводимого изображения, т. е. различимость в нем мелких деталей, принято выражать

числом строк, причем также принято отдельно определять четкость по строке и четкость по кадру, так как они зависят от различных характеристик телевизионного приемника.

Четкость воспроизводимого изображения по кадру всегда выражается меньшим числом строк, чем полное число строк в полном телевизионном кадре. Такое снижение четкости объясняется тем, что часть строк приходится на время обратного хода электронного луча по кадру, во время которого изображение не передается, и поэтому в действительности изображение на мозаике передающей трубки разбивается на соответственно меньшее число строк. Это действительное число строк

$$Z_д = Z_п \frac{T_п - T_г}{T_п},$$

где $Z_п$ — полное число строк в кадре;

$T_п$ — время развертки одного полукадра;

$T_г$ — длительность гасящего полукадрового импульса.

Так как по нашему телевизионному стандарту

$$T_г = 0{,}08 T_п,$$

то

$$Z_д = 625 \frac{1 - 0{,}08}{1} = 575 \text{ строк.}$$

Эта величина является предельной при определении четкости принятого изображения по кадру при помощи испытательной таблицы.

Уменьшение четкости по кадру может произойти из-за неправильного расположения строк четного полукадра в промежутках между строками нечетного полукадра. Если четные строки окажутся по какой-либо причине сдвинутыми в ту или иную сторону (так называемое спаривание строк), то четкость по кадру станет соответственно меньше.

Для определения четкости воспроизводимого изображения по кадру служат горизонтальные веерные пучки черных линий, по длине которых нанесены цифры 300, 400, 500, 600 или 3, 4, 5, 6. При определении четкости замечают место, где начинает исчезать раздельное воспроизведение линий веера, и отсчитывают против этого места величину четкости наблюдаемого изображения. Например, если различимость отдельных линий веера пропадает в середине между цифра-

ми 500 и 600 (или 5 и 6), то это значит, что четкость принятого изображения составляет по кадру примерно 550 строк.

Настройка телевизионного приемника на наибольшую четкость по кадру производится очень медленной регулировкой частоты генератора кадровой развертки и подбором соответствующей величины сигнала при помощи ручки регулировки усиления.

Четкость воспроизводимого изображения по строке, определяемая таким же способом при помощи вертикальных веерных линий испытательной таблицы, зависит главным образом от способности всего приемного тракта точно воспроизводить быстрые изменения электрического сигнала, т. е. от ширины общей полосы пропускания всего тракта и формы частотной характеристики, а также от правильности расположения несущей частоты на этой частотной характеристике. Поэтому при данном числе строк развертки четкость по строке может быть как выше четкости по кадру, так и ниже ее в зависимости от характеристик телевизионного приемника и правильности его настройки.

Контрастность. Контрастность принятого изображения, т. е. наибольшее различие в яркостях свечения самых темных (черных) и самых светлых (белых) мест изображения, определяется при помощи так называемого числа воспроизводимых градаций или ступеней яркости. Для этой цели на испытательной таблице имеются вертикальные и горизонтальные полосы, каждая из которых состоит из десяти квадратов с различными световыми оттенками, последовательно меняющимися от черного до белого. В хорошо отрегулированном телевизионном приемнике должно различаться не менее семи-восьми различных оттенков. Настройка телевизионного приемника на воспроизведение наибольшего числа градаций яркости производится совместной регулировкой величины сигнала и средней яркости свечения экрана.

Линейность. Степень нелинейности воспроизводимого изображения оценивается по тому, насколько квадраты и окружности, нанесенные на испытательной таблице, сохраняют правильную форму.

ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

В этой книге мы рассказали о передаче и приеме телевидения в черно-белых тонах, когда изображение на экране телевизора передает лишь различие в величинах световых потоков, отражаемых или пропускаемых различными местами передаваемого изображения, не давая никаких сведений об их цветовом составе.

Рассмотрим теперь, возможно ли средствами телевизионной техники воспроизвести на экране телевизионнюго приемника все неисчислимое многообразие цветовых оттенков, содержащихся практически в любом передаваемом по телевидению изображении.

На это можно ответить утвердительно. Телевизионная техника для передачи цветного изображения может использовать те же технические приемы, какие сделали возможными цветное фотографирование и цветной кинофильм.

Этот технический прием основывается на так называемой трехкомпонентной теории цветного зрения, согласно которой любой цветовой оттенок может быть получен как сочетание трех основных цветов, взятых в определенном соотношении. Такими основными цветами являются синий, зеленый и красный.

Пользуясь указанным свойством цветного зрения, простейшую систему цветного телевидения можно представить себе в следующем виде.

Предположим, что во время передачи первого телевизионного кадра перед объективом, проектирующим передаваемое цветное изображение на передающую трубку, помещен цветной фильтр, пропускающий только синие составляющие светового потока от этого изображения. Во время приема сигнала от этого кадра перед экраном телевизора пусть находится такой же цветной фильтр.

По окончании передачи первого кадра пусть синий фильтр заменяется на зеленый, в результате чего второй

кадр будет содержать только зеленые составляющие передаваемого цветного изображения. Просмотр второго кадра на экране телевизора производится через такой же зеленый фильтр.

Третий кадр точно таким же способом передается и просматривается через соответствующий красный фильтр.

Таким образом, после трех полных кадров будут переданы все составляющие цветного изображения и зритель увидит на экране телевизора это изображение в его натуральных цветах.

Такая система цветного телевидения была практически осуществлена с тем лишь отличием, что смена цветных фильтров производилась не через полный кадр, а через полукадр, вследствие чего эта система получила название системы цветного телевидения с полукадровой сменой цветов.

Смена цветных фильтров осуществлялась при помощи вращающихся цветных дисков, расположенных соответственно перед объективом передающей трубки и перед экраном телевизора. Для согласования вращений обоих дисков в телевизионный сигнал замешивались специальные согласующие импульсы.

Основным недостатком такой системы цветного телевидения является необходимость значительного (трехкратного) расширения полосы пропускания всего телевизионного тракта или необходимость уменьшения числа строк развертки.

Действительно, при цветном телевидении с полукадровой сменой цветов все содержание изображения передается не за два полукадра, как при черно-белой передаче, а за шесть полукадров, так как только после шести полукадров будут переданы все цветные составляющие всех строк растра. Таким образом, по сравнению с телевизионной передачей в черно-белых тонах цветная телевизионная передача с полукадровой сменой цветов представляет собой как бы три последовательно действующие одноцветные системы, и для каждой из них, чтобы не было мелькания, нужно менять каждый цветной полукадр не менее 50 раз в секунду. Это означает, что число полных кадров, передаваемых в 1 сек., должно быть в 3 раза бо́льшим, чем при черно-белой передаче, а следовательно, в 3 раза должна быть расширена и полоса пропускания всего телевизионного тракта, так как эта полоса прямо пропорциональна частоте кадров.

Как известно, полоса пропускания телевизионного тракта пропорциональна также квадрату числа строк, на которые

разбивается передаваемое изображение, и поэтому общую полосу пропускания при цветной передаче можно сократить путем соответствующего уменьшения числа строк. Однако такой способ сильно понизит четкость принимаемого изображения.

Вторым возможным техническим приемом осуществления цветной телевизионной передачи является смена цветов не через полукадр, а через каждую строку (так называемая телевизионная система с построчной сменой цветов). Кроме того, вполне возможно осуществить систему с поэлементной сменой цветов, когда смена цветовых составляющих происходит от элемента к элементу.

Обе эти системы имеют то преимущество перед системой с полукадровой сменой цветов, что не приводят к необходимости расширения общей полосы пропускания телевизионного тракта и в этом отношении их можно считать более перспективными.

Возможны также и другие способы осуществления цветных телевизионных передач, например таких, как передача различных цветовых составляющих на разных участках общего частотного спектра телевизионного сигнала.

Однако основной технической трудностью практического осуществления подобных телевизионных систем является большая сложность воспроизведения изображения на приемном экране.

Один из предлагаемых способов состоит в том, что каждое из составляющих цветных изображений воспроизводится на отдельной трубке с белым свечением и затем все три изображения через соответствующие цветные фильтры оптически складываются на общем экране. Однако такое приемное устройство неизбежно получится чрезвычайно громоздким.

Более перспективным способом является применение трубки с трехцветным экраном. Разработка таких трубок в настоящее время успешно ведется и можно ожидать, что цветное телевидение выйдет за пределы лаборатории к массовому зрителю.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 1 р. 90 к.